ZÁMEČNÍK

STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE

ČÁST I. - II.

STUDIJNÍ TEXT

PRO TŘÍLETÝ UČEBNÍ OBOR ZÁMEČNÍK

Studijní text vznikl v rámci projektu OBNOVA A MODERNIZACE TECHNICKÝCH OBORŮ V OLOMOUCKÉM KRAJI.
Projekt byl spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

2010/2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

OBSAH

ÚVOD.....1
1 TECHNICKÉ MATERIÁLY A JEJICH VLASTNOSTI.....2
1.1 Technické materiály-rozdělení.....2
1.2 Vlastnosti technických materiálů.....3
1.2.1 Fyzikální vlastnosti.....4
1.2.2 Chemické vlastnosti.....4
1.2.3 Mechanické vlastnosti.....5
1.2.4 Technologické vlastnosti.....5
2 ZKOUŠKY VLASTNOSTÍ TECHNICKÝCH MATERIÁLŮ.....7
2.1 Mechanické zkoušky materiálů.....7
2.1.1 Rozdělení zkoušek mechanických vlastností (s porušením mat.).....8
2.1.2 Mechanické zkoušky statické.....8
2.1.3 Dynamické zkoušky mechanických vlastností.....18
2.2 Technologické zkoušky materiálů.....21
2.2.1 Zkoušky tvárnosti za studena.....21
2.2.2 Zkoušky tvárnosti za tepla.....24
2.2.3 Zkoušky svařitelnosti.....24
2.2.4 Zkoušky obrobitelnosti.....25
2.2.5 Zkoušky slévatelnosti.....26
2.2.6 Zkoušky prokalitelnosti.....26
2.3 Zkoušky materiálů bez porušení-nedestruktivní.....26
2.3.1 Zkoušky vnějších vad.....27
2.3.2 Zkoušky vnitřních vad.....28
3 VÝROBA SUROVÉHO ŽELEZA.....34
3.1 Vysoká pec.....34
3.2 Vsázka vysoké pece.....35
3.3 Produkty vysoké pece.....36
4 VÝROBA A ZNAČENÍ OCELI.....39
4.1 Výroba oceli.....39
4.1.1 Výroba oceli v konvertorech.....39
4.1.2 Výroba oceli v martinských pecích.....41
4.1.3 Výroba oceli v elektrických pecích.....41
4.1.4 Výroba oceli ve vakuu.....43
4.2 Značení ocelí.....43
4.2.1 Oceli k tváření.....43
4.2.2 Oceli na odlitky.....48
5 VÝROBA A ZNAČENÍ LITIN.....52
5.1 Výroba litiny.....52
5.2 Druhy litin, jejich užití a značení.....53
5.2.1 Šedá litina.....53
5.2.2 Tvárná litina.....54
5.2.3 Temperovaná litina.....55
5.2.4 Tvrzená (skořepová) litina.....56
6 VÝROBA A ZNAČENÍ NEŽELEZNÝCH KOVŮ.....57
6.1 Rozdělení a značení neželezných kovů.....57
6.2 Těžké neželezné kovy a jejich slitiny.....58
6.2.1 Měď a slitiny.....58

6.2.2 Olovo a jeho slitiny.....59
6.2.3 Nikl a jeho slitiny.....60
6.2.4 Zinek a jeho slitiny.....60
6.2.5 Cín a jeho slitiny.....60
6.2.6 Kobalt.....61
6.2.7 Wolfram.....61
6.2.8 Molybden.....61
6.2.9 Chrom.....61
6.3 Lehké neželezné kovy a jejich slitiny.....61
6.3.1 Hliník a jeho slitiny.....62
6.3.2 Hořčík a jeho slitiny.....63
6.3.3 Titan a jeho slitiny.....64
6.3.4 Speciální slitiny neželezných kovů.....64
7 VÝROBA A ZNAČENÍ PRÁŠKOVÝCH MATERIÁLŮ.....67
7.1 Výroba a zpracování kovových prášků.....67
7.2 Značení práškových materiálů.....69
8 NEKOVOVÉ TECHNICKÉ MATERIÁLY.....70
8.1 Plasty.....70
8.1.1 Výroba plastů.....70
8.1.2 Vlastnosti plastů.....71
8.1.3 Názvy a užití některých důležitých plastů.....72
8.2 Dřevo.....73
8.2.1 Vlastnosti dřeva.....73
8.2.2 Druhy dřeva a jejich využití.....74
8.3 Sklo.....76
8.3.1 Druhy skla a jejich užití.....76
8.4 Technická pryž.....77
8.5 Technická keramika.....77
8.6 Brusivo.....78
8.7 Mazací prostředky.....79
9 TEPELNÉ A CHEMICKO-TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ KOVŮ.....81
9.1 Diagram Fe-Fe_3C.....81
9.2 Žíhání.....85
9.2.1 Rozdělení žíhání.....86
9.2.2 Druhy žíhání, postup a užití.....86
9.3 Kalení a popouštění.....89
9.3.1 Kalící prostředí.....91
9.4 Zušlechťování.....93
9.5 Patentování.....94
9.6 Povrchové kalení.....94
9.7 Cementování.....96
9.8 Nitridování.....98
9.9 Nitro-cementování.....98
Vědomostní test kapitola 1.....100
Vědomostní test kapitola 2.....102
Vědomostní test kapitola 3.....104
Vědomostní test kapitola 4.....106
Vědomostní test kapitola 5.....108
Vědomostní test kapitola 6.....110

Vědomostní test kapitola 7.....112
Vědomostní test kapitola 8.....114
Vědomostní test kapitola 9.....116
Správné odpovědi testů.....118
GLOSÁŘ.....119
POUŽITÁ LITERATURA.....121

ÚVOD

Před Vámi leží nový učební text, který se odlišuje od textu učebnic, s nimiž jste se setkávali dosud.

Učebnice se odlišuje od předcházejících hlavně tím, že do jednotlivých kapitol jsou nově vloženy následující oddíly:

- cíle kapitol - popis, o čem se budete učit,
- příklady z praxe - ukazují na jednoduchých příkladech probírané učivo,
- krátké shrnutí - nejdůležitější části probírané látky,
- úkoly - pro jednodušší opakování.

Oddíly vedou k podstatně intenzivnějšímu učení, protože mají stimulační účinky a zároveň zvyšují účinnost učení. Učební text by Vás měl zaujmout a aktivizovat.

Ve výukovém textu Strojírenská technologie jsou shrnuty důležité údaje a definice z odborné literatury a poznatky praxe, které tvoří základ pro následné studium a úspěšné uplatnění studentů odborných škol strojírenského zaměření v praktickém životě.

Učivo je určeno zejména pro žáky středních odborných učilišť studujících tříleté učební obory zámečník (strojní mechanik). Lze jej však použít i pro obory příbuzné, jako jsou obráběč kovů, nástrojař, automechanik apod.

Tato učebnice strojírenské technologie je rozdělena do dvou dílů. Obsahem učiva prvního dílu je rozdělení a zkoušky technických materiálů. Dále kapitoly zabývající se výrobou surového železa, výrobou a značení ocelí, litin neželezných kovů a práškových materiálů. Součástí prvního dílu učebnice jsou i kapitoly nekovové technické materiály a tepelná zpracování kovů.

Další novinkou předkládaného učebního textu je test, který je vytvořen pro každou kapitolu. Test obsahuje dvacet otázek z probírané látky. Každá správná odpověď je hodnocena jedním bodem, nesprávná žádným bodem. Hodnocení testu je 0-12 bodů neprospěl a 13-20 bodů prospěl**.** Test Vám umožní zkontrolovat si, zda a v jakém rozsahu jste učivo zvládli.

Autoři učebnice doufají, že učení bude pro Vás, studenty, přijatelnější než z klasické učebnice a přejí Vám příjemné chvíle strávené nad učebním textem.

1 TECHNICKÉ MATERIÁLY, ROZDĚLENÍ A JEJICH VLASTNOSTI

CÍLE:

Po prostudování této kapitoly:

- Budete znát základní pojmy.
- Budete znát, jakým způsobem se rozdělují technické materiály.
- Pochopíte rozdíly mezi jednotlivými skupinami technických materiálů.
- Budete znát vlastnosti technických materiálů s jejich uplatněním v praxi.

1.1 TECHNICKÉ MATERIÁLY - ROZDĚLENÍ

Každý výrobek, skupina, součástka i jednotlivý díl je vyroben z materiálu. Materiál musí plnit určitou funkci, která je daná užitnými hodnotami výrobku. Tyto materiály souhrnně nazýváme **technické materiály.** Základním kritériem pro volbu materiálu jsou jeho vlastnosti, které plní požadované funkce.

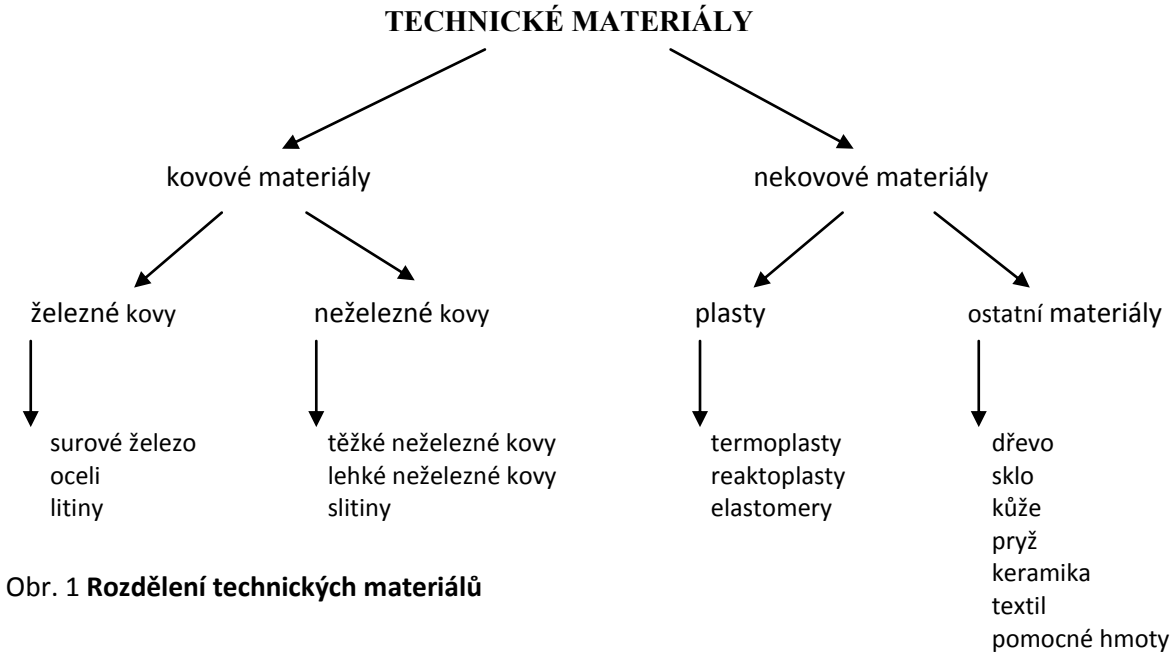
Technických materiálů je velké množství, neustále se zdokonalují a vyvíjí nové. V tomto procesu je nejdůležitější, aby technické materiály splňovaly požadavky na ně kladené a zároveň měly nízkou cenu. Dalším kritériem použití technického materiálu je také dostupnost. Pro snadnější orientaci v technických materiálech, tyto rozdělíme na dvě základní skupiny:

- **kovové materiály** - mezi ně patří všechny čisté kovy a jejich slitiny,
- **nekovové materiály** - do této skupiny patří všechny materiály neobsahující kovy.

Základním materiálem pro konstrukci strojů jsou v dnešní době **kovy a plasty**. Plasty v posledních desetiletích konkurují kovům, a to díky výraznému zlepšení jejich vlastností.

Podrobný popis výroby a vlastností jednotlivých technických materiálů bude uveden v následujících kapitolách č. 3, 4, 5, 6, 7, 8.

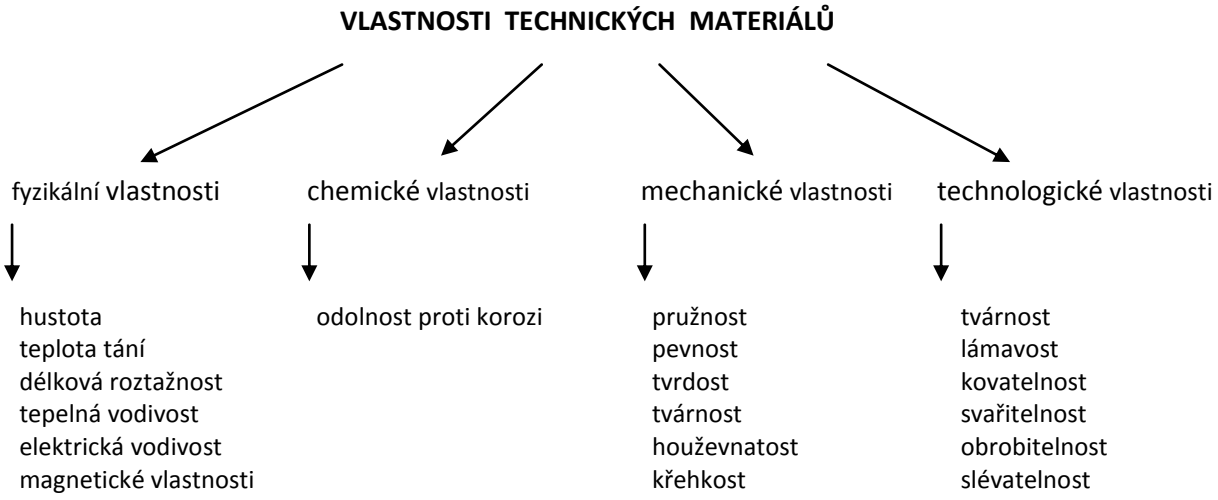
Obr. 1 ukazuje přehledným způsobem rozdělení technických materiálů:



Obr. 1 **Rozdělení technických materiálů**

1.2 VLASTNOSTI TECHNICKÝCH MATERIÁLŮ

Znalost materiálů a především jejich vlastností je velice důležitá pro správnou volbu materiálu k výrobě součástek, strojů a přístrojů. Pro pochopení této problematiky si nyní provedeme rozbor a rozdělení vlastností technických materiálů. Členění vlastností materiálu vychází ze základního dělení vlastností uvedeného v obr. 2:



Obr. 2 **Obecné schéma vlastností technických materiálů**

V následujícím textu se seznámíme s pojmy, uvedenými v tabulce. Získáme tak přehled o kritériích, která používáme při hodnocení a při výběru technických materiálů.

1.2.1 Fyzikální vlastnosti

jsou základními údaji pro posouzení chování technických materiálů. U kovů některé fyzikální vlastnosti odpovídají postavení příslušného prvku v periodické soustavě.

Definice a význam jednotlivých fyzikálních vlastností uvedených v tab. 2 :

- **hustota** je poměr hmotnosti k objemu dané látky při určité teplotě. Tato vlastnost určuje například, zda materiály jsou těžší než voda (plavou nebo se potopí);

- **teplota tání** je teplota, při níž látka mění své skupenství (pevná látka se stává kapalnou);
- **délková roztažnost** je z rozměru změna délky součásti vlivem měnící se teploty látky (ocelové materiály se vlivem rostoucí teploty prodlužují), podobnou vlastností je **objemová roztažnost;**

- **tepelná vodivost** je schopnost materiálu přenášet tepelnou energii (zlato a stříbro jsou nejlepší vodiče tepla; keramika, sklo a plasty mají malou tepelnou vodivost);

- **elektrická vodivost** je schopnost materiálu vést elektrický proud. Podle vodivosti se technické materiály dělí na vodiče, polovodiče a nevodiče (kovy jsou vodiče, křemík a germanium jsou polovodiče, nevodiče například plasty, keramika, sklo);

- **magnetické vlastnosti** určují chování materiálů v magnetickém poli.

V kapitolách č. 3 až 8 se budeme podrobně zabývat jednotlivými technickými materiály používanými v technické praxi. U probíraných materiálů budou uvedeny konkrétní hodnoty některých fyzikálních vlastností.

1.2.2 Chemické vlastnosti

jsou reakce, které souvisí se změnami v elektronovém obalu.

Chemické vlastnosti technických materiálů určují vhodnost využití daného materiálu v závislosti na působení okolních podmínek, ve kterých se daný materiál nachází.

Nejdůležitější chemickou vlastností je **odolnost proti korozi**, která je zapříčiněna oxidací, ta se projevuje u všech technických materiálů.

Známe dva druhy koroze a uvedeme si jejich charakteristiku:
- **chemická koroze** je vytvoření okují na kovech v plynné atmosféře za vysokých teplot;
- **elektrochemická koroze** je rozrušování kovů s různým elektrickým potenciálem za vzniku elektrického proudu.

Ochrana technických materiálů proti korozi bude probírána v druhé části strojírenské technologie.

1.2.3 Mechanické vlastnosti

jsou ty, které mají rozhodující význam při pevnostních výpočtech strojních součástí, vyjadřují číselně chování materiálů za působení vnějších sil.

Nejznámějšími mechanickými vlastnostmi jsou:

- **pružnost** se projevuje tak, že se materiál zatížený silou deformuje a po odstranění této síly se vrátí do původního stavu (obdobně se chová pružina);

- **pevnost** se definuje jako největší napětí, jehož je třeba k rozdělení materiálu na dvě části. Podle způsobu zatížení určujeme pevnosti **v tahu, tlaku, střihu, ohybu, krutu**;

- **tvrdost** se definuje jako odpor proti vnikání cizího tělesa do daného materiálu (měkké materiály jsou obrobitelné, tvrdé se obrábí hůře);

- **tvárnost** je schopnost technických materiálů měnit v tuhém stavu bez porušení vzájemnou polohu částic působením vnějších sil (tváření kovů za studena nebo za tepla);

- **houževnatost** je odolnost materiálu proti rozdělení na dvě části (**křehkost** je protikladem houževnatosti).

1.2.4 Technologické vlastnosti

jsou vlastnosti, které souvisí se zpracováním technických materiálů na polotovar nebo hotový výrobek. Určují použitelnost technických materiálů pro danou výrobní nebo zpracovatelskou technologii. Dále nám určují podmínky pro zvolenou technologii. Z celé řady technologických vlastností uvádíme tyto:

- **tvárnost** je vlastnost, která souvisí se zpracováním materiálu na výrobek pomocí kování, válcování, lisování apod. Tvárnost zjišťujeme zkouškami za tepla i studena;

- **lámavost** je vlastnost, která hodnotí materiály namáhané ohybem a posuzuje vznik trhlin (ohýbání drátů a trubek);

- **kovatelnost** je vlastnost materiálu měnit tvar kováním bez poškození výrobku;

- **svařitelnost** je schopnost vytvořit ze dvou částí nerozebíratelné spojení pomocí tavného, tlakového nebo jiného svařování. Svařitelnost vyjadřujeme ve čtyřech stupních: **zaručená, zaručená podmíněná, dobrá, obtížná**;

- **obrobitelnost** určuje chování technických materiálů při obrábění řeznými nástroji (soustružení, frézování, hoblování, vrtání apod.);

- **slévatelnost** je soubor vlastností, které musí mít technický materiál určený ke zpracování litím.

Příklady z praxe

O složitosti volby technických materiálů svědčí následující příklady použitých materiálů pro výrobu vybraných výrobků v tabulce obr. 3

Výrobek	Materiály používané pro jeho výrobu
Potrubí	dřevo, ocel, plast, sklo apod.
Hrnce	ocel, hliník, sklo, plasty
Nárazník automobilu	dřevo, ocel, plast
Šrouby a matice	ocel, neželezné kovy, plast
Řezné nástroje	ocel, slinutý karbid, řezná keramika

Obr. 3 **Uplatnění technických materiálů**

Shrnutí

- Technické materiály mají různé vlastnosti, které potřebujeme znát, abychom mohli vyrobit takovou součást, která v provozu vydrží co nejdéle a splní naše očekávání. Znamená to úsporu nákladů, času a práce.
- Mezi základní vlastnosti technických materiálů řadíme tyto vlastnosti: fyzikální a chemické, mechanické, technologické.
- Fyzikální a chemické vlastnosti jsou základní při určení použitelnosti technického materiálu.
- Mechanické vlastnosti technických materiálů rozhodují o vhodnosti použití s ohledem na jeho pevnost, pružnost, houževnatost apod.
- Technologické vlastnosti určují, jaký zvolíme technologický proces při výrobě.
- Je prokazatelné, že volba technických materiálů je komplexní činnost, která mimo výše uvedeného dále přispívá k prodloužení životnosti a k ekonomické rentabilitě. Správné zvolení technického materiálu má vliv i na životní prostředí.

Otázky a úkoly:

1. Zdůvodněte, proč musíme znát vlastnosti materiálů technických materiálů.
2. Do které skupiny vlastností patří pevnost v krutu a houževnatost?
3 Vyjmenujte a charakterizujte fyzikální vlastnosti.
4. Vyjmenujte základní druhy technických materiálů.
5. Co jsou to technologické vlastnosti materiálů? Uveďte praktické příklady.
6. Vyjmenujte mechanické vlastnosti technických materiálů a stručně je popište.
7. Co je to koroze, jaké znáte druhy?

2. ZKOUŠKY VLASTNOSTÍ TECHNICKÝCH MATERIÁLŮ

CÍLE:

Po prostudování této kapitoly dokážete:

- Rozdělit zkoušky materiálů mechanické podle příslušných hledisek.
- Rozdělit a popsat zkoušky technologické.
- Rozdělit a popsat zkoušky bez porušení materiálu.
- Popsat tahovou a tlakovou zkoušku a další mechanické zkoušky.
- Popsat podrobně průběh ostatních probraných zkoušek, vědět k čemu se užívají a co je výsledkem zkoušek.
- Rozlišit zkoušky destruktivní a nedestruktivní, znát jaké mají využití.

Zkoušky **fyzikálních vlastností** materiálů nejsou předmětem tohoto učebního materiálu, protože tyto vlastnosti jsou již známy nebo ověřeny měřením v jiných oborech vědy nebo průmyslu (měření vodivosti nebo odporu v elektrotechnice, délkové roztažnosti ve fyzikálních laboratořích a podobně). Na těchto již známých vlastnostech pak staví měření ve strojírenství. Podobné je to i u **chemických vlastností.** Navíc např. **korozní zkoušky v přírodě** jsou dlouhodobé, takže je jasné, že nelze čekat několik měsíců, na zjištění vlastností materiálu, který potřebujeme použít při konstrukci nějakého stroje.

Snad jen u materiálů **nových, nově vyvinutých** je třeba tyto vlastnosti zjistit, což je ovšem záležitostí přesného měření v laboratořích a zjištění přesných hodnot u těchto nových materiálů trvá většinou práce na delší dobu a týká se mnoha měření.

Ve strojírenské praxi tedy při navrhování a konstrukci strojů vycházíme z fyzikálních a chemických vlastností již známých a ověřujeme pouze **mechanické vlastnosti a technologické vlastnosti materiálů a polotovarů**

2.1 MECHANICKÉ ZKOUŠKY MATERIÁLŮ

Mechanické vlastnosti materiálů byly probrány v kapitole **„Vlastnosti technických materiálů“**. Pro materiály používané pro strojírenskou výrobu je důležité, aby byly schopny odolávat těm druhům namáhání, která na ně budou během jejich životnosti působit. Jedná se především o **tah a tlak** dále **střih, krut, ohyb a vzpěr.** Pouze ve výjimečných případech jsou strojní součásti namáhány jen jedním druhem zátěže. Většinou se jedná o namáhání složené, kdy na součást působí zároveň např. **tlak, ohyb a krut.** Jestli materiál uvedená namáhání vydrží, případně jestli vydrží namáhání složené, zjišťujeme **zkouškami mechanických vlastností.** Materiál, který má bez porušení odolávat dlouhou dobu opakovanému namáhání, musí mít ještě další vlastnosti, které byly již probrány. Jsou to především **pevnost a pružnost** dále **tvrdost a tvárnost** případně **houževnatost** a další vlastnosti. Únosnost součástí při namáhání je závislá také na teplotě, při které k namáhání dochází, protože většina z uvedených vlastností se poměrně výrazně mění s teplotou vysokou i nízkou. Tyto **mechanické vlastnosti** ověřujeme **zkouškami mechanických vlastností materiálů.**

2.1.1 Rozdělení zkoušek mechanických vlastností materiálů (s porušením materiálu)

Zkoušky statické

- zkoušky pevnosti
- zkoušky tvrdosti

Zkoušky dynamické rázové a cyklické

- zkoušky rázem
- zkoušky opětovným namáháním – cyklické

Zkoušky za vysokých teplot
Zkoušky za nízkých teplot

Zkoušky statické – zkušební vzorek je zatěžován tzv. **statickou silou**, která se během průběhu zkoušky (zkušební doby) mění jen zvolna.

- **zkoušky pevnosti –** těmito zkouškami zjišťujeme nebo ověřujeme pevnost materiálu v tahu, tlaku, krutu atd. na vybraných zkušebních vzorcích zvolna rostoucí silou. Zvláště zkouška tahová a tlaková je velmi důležitá a hodnoty zjištěné při této zkoušce slouží pro pevnostní výpočty součástí namáhaných i ostatními druhy namáhání.
- **zkoušky tvrdosti –** těmito zkouškami ověřujeme, jakou mají materiály tvrdost, která je zvláště u kovů vlastností důležitou. Ke zjišťování tvrdosti se užívají různé druhy zkoušek např. zkoušky vnikací, odrazové a další.

Zkoušky dynamické rázové a cyklické

- při rázových působí síla nárazově, tj. jen v určitém okamžiku a pak zas ustává;
- při zkouškách cyklických síla mění svoji velikost i směr během krátkého času, a to se opakuje v mnoha cyklech za sebou. Počet cyklů může být i několik milionů. Těmto zkouškám říkáme také **zkoušky únavové.**

Zkoušky za vysokých a nízkých teplot – tyto zkoušky se dělají u materiálů, které jsou určeny pro součásti, které budou pracovat za vysokých teplot. Zkoušky za normálních teplot by neměly žádnou vypovídací hodnotu, protože materiály s měnící se teplotou mění své vlastnosti, jako je pevnost v tahu, mez kluzu – tečení, tvrdost a další.
Vzhledem k tomu, že všemi **výše uvedenými zkouškami dochází k výraznému porušení** materiálu (snad s výjimkou zkoušek tvrdosti) provádíme tyto zkoušky na zkušebních vzorcích, které jsou vybrány ze stejného materiálu, jako je konečná součást. Všechny tyto zkoušky jsou normalizovány, to znamená, že jsou přesně popsány v normách, aby nemohlo dojít při zkoušení téhož materiálu k různým výsledkům. Kdybychom např. zkoušeli na jiném, než normalizovaném zkušební zařízení nebo namáhali materiál jinou silou nebo jinak se měnící silou získali bychom výsledky, které by neodpovídali výsledkům správně provedené zkoušky.

2.1.2 Mechanické zkoušky statické

Zkoušky pevnosti

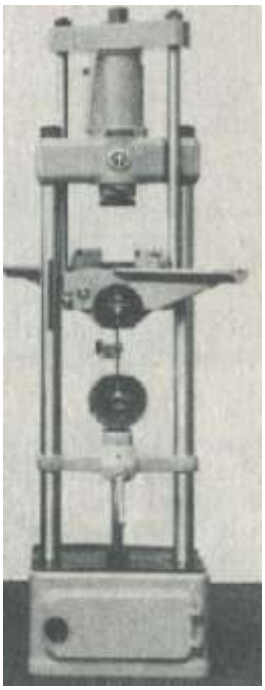
Z názvu je zřejmé, že pomocí těchto zkoušek zjišťujeme mechanické vlastnosti materiálů, a to statickým zatěžováním – statickými silami, tj. silami, které se buď v průběhu zkoušky nemění, nebo rostou, ale jen velmi pomalu. Výsledky těchto zkoušek slouží k pevnostním

výpočtům strojních součástí (zvláště zkouška tahová a tlaková). Mezi tyto zkoušky řadíme zkoušky pevnosti v: **tahu, tlaku, ohybu, krutu a střihu.**

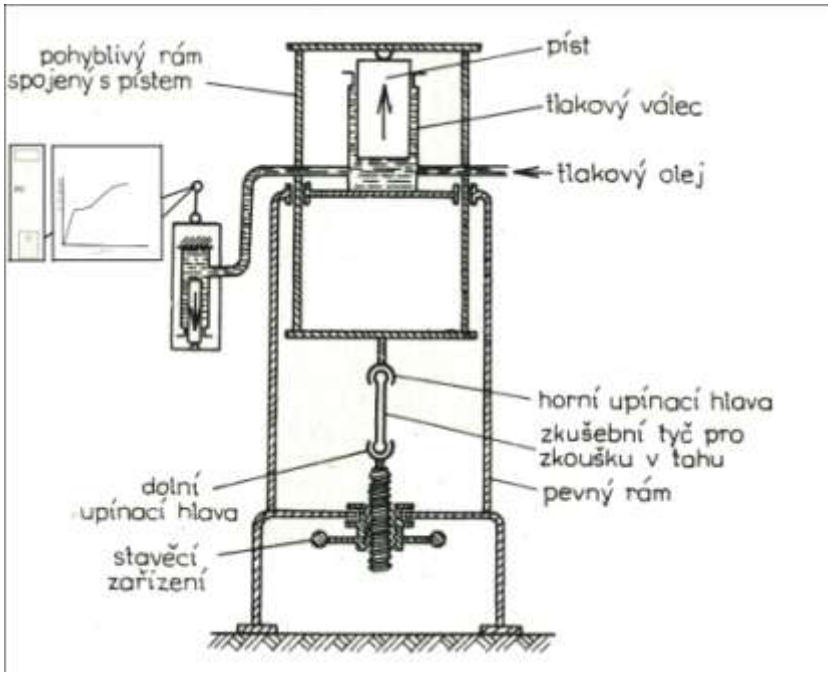
- **Zkouška pevnosti v tahu (tahová zkouška, zkouška trhací –** všechny názvy jsou užívané)

Je to nejdůležitější statická zkouška, provádí se u téměř všech technických materiálů - nejen u kovů a získané hodnoty jsou užívány k pevnostním výpočtům a kontrolám strojních součástí. Tato zkouška je normalizována.

Zkouška se provádí na jednoúčelových nebo univerzálních zkušebních strojích, jejichž síla je vyvozena mechanicky pomocí šroubového mechanismu (starší zkušební stroje) nebo hydraulicky – je spolehlivější a dokáže vyvodit velké síly.

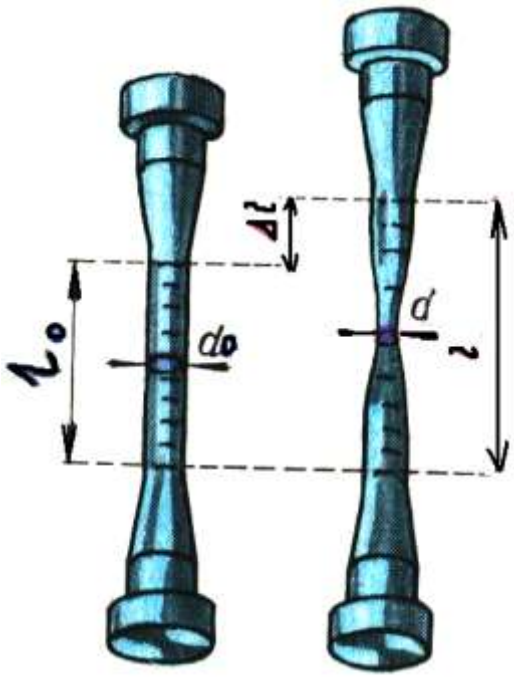


Obr. 4 **Trhací stroj**



Obr. 5 **Schéma trhacího stroje**

Zkouška se neprovádí na hotových výrobcích, které by se při zkoušce zničily, ale na zkušebních tyčích, jejichž odebrání z polotovaru materiálu má svá pravidla. Podélná osa zkušební tyče musí být ve směru válcování polotovaru. Užívají se tyče ploché (obdélníkový průřez), obvyklejší jsou zkušební tyče kruhového průřezu. Na zkušební tyči se vyznačí rysky, které nám označují měřenou délku tyče $\mathbf{l_0}$. Vzdálenost těchto rysek je závislá na průměru zkušební tyče $\mathbf{d_0}$, před začátkem zkoušky. U kruhového průřezu tyčí rozeznáváme dvě délky. **Dlouhé tyče** mají délku $\mathbf{l_0 = 10\ d_0}$, **krátké tyče** mají $\mathbf{l_0 = 5\ d_0}$.
Mezi těmito ryskami uděláme ještě další rysky ve vzdálenosti 10mm od sebe, aby bylo možné po zkoušce, kdy se tyčinka přibližně uprostřed přetrhne, změřit její prodloužení.



Obr. 6 **Zkušební tyč pro tahovou zkoušku**

Tahovou zkouškou zjišťujeme hlavně **pevnost materiálu v tahu,** dále **poměrné prodloužení, zúžení (kontrakci) a tažnost** zkoušeného materiálu**.**

Při namáhání tahem vznikají uvnitř namáhaného materiálu vnitřní síly, které brání přetržení namáhané tyče – říkáme, že v součásti vzniká působením vnějších sil **napětí.** Rozeznáváme **napětí normálové,** které značíme symbolem **σ** (sigma) a **napětí tečné,** které značíme symbolem **τ** (tau). Napětí normálové působí proti vnější síle, která namáhá zkušební tyčinku, u namáhání tahem je to kolmo na příčný průřez tyčinky – proto ho nazýváme normálové.

Hodnotu napětí σ, vypočteme, když **dělíme sílu**, kterou je tyčinka namáhána (sílu značíme **F**) **plochou průřezu tyčinky** (plochu značíme **S**).

$\sigma = \frac{F}{S}$ **[MPa]** Jednotky napětí se udávají v MPa (MegaPascal).

Průběh tahové zkoušky měkké oceli

Zkušební tyčinku upneme do čelistí trhacího stroje (konce zkušební tyče jsou opatřeny buď osazením, nebo je na nich vyřezán závit – podle zkušebního stroje) a stroj uvedeme do chodu. Během zkoušky je zapisován – kreslen diagram jejího průběhu jako závislost **okamžitého prodloužení Δl** na velikosti zatěžující síly **F** nebo závislost poměrného prodloužení **ε** (epsilon) na napětí **σ**. Dříve na milimetrový papír upevněný na bubnu stroje, v současné době jsou zkoušky řízeny počítačem, na jehož monitoru můžeme průběh sledovat a po ukončení zkoušky si diagram uložit a vytisknout.

Materiál začínáme zatěžovat tahovou silou z nulové hodnoty. Zkušební tyčinka se začíná prodlužovat, a to přímo úměrně na velikosti zatěžující síly, která se pomalu zvětšuje. Diagram

je v této části **přímka**, od nulového zatížení až do bodu **U,** který nazýváme **mez úměrnosti.** V této části tahové zkoušky platí tzv. **Hookeův zákon.**

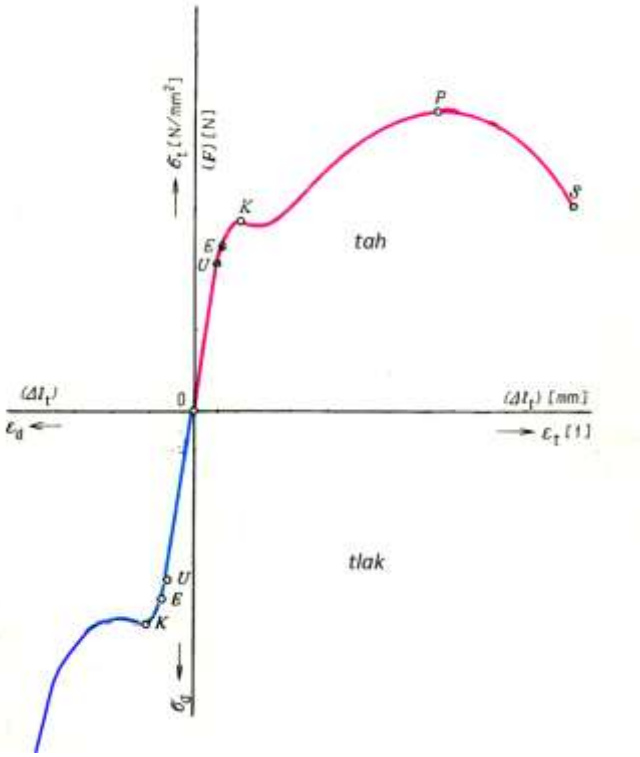
Při dalším namáhání zkušební tyčinky dochází k jejímu dalšímu prodlužování, které však již není přímo úměrné zatěžující síle, diagram se neznatelně zakřivuje (závislost **Δl** na zatěžující síle **F** již není přímková), což trvá až do bodu **E,** který nazýváme **mez elasticity** neboli **mez pružnosti.** Materiál je do tohoto bodu plně elastický, což znamená, že když odlehčíme zátěž, vrátí se zkušební tyčinka do své původní délky $\mathbf{l_0}$.

Po překročení meze pružnosti (bodu **E)** se začne křivka závislosti v diagramu více zakřivovat, což značí, že zkušební tyčinka se prodlužuje rychleji, než roste zatěžující síla. V této části diagramu již vzniká trvalá deformace zkušební tyčinky, což v praxi znamená, že po úplném odlehčení zátěže by se tyčinka nevrátila do původní délky, ale na zkušebním vzorku by zůstala **trvalá, plastická deformace** $\mathbf{\Delta l_p}$, kterou z tahového diagramu můžeme zjistit graficky. Toto se děje v rozmezí, mezi body **E** a bodem **K,** kde bod **K** je tzv. **mez kluzu** (někdy se nazývá **mez tečení**).

Zkušební vzorek se po dosažení bodu **K** začíná prodlužovat, aniž by vzrůstala tahová síla, napětí uvnitř zkušební tyčinky se drží přibližně na stejné úrovni, přestože se vzorek dále natahuje. Říkáme, že materiál po dosažení tohoto bodu **teče.** Napětí na mezi kluzu označujeme $\mathbf{\sigma_{kt}}$.

Tento stav však trvá jen krátce, křivka se pak začíná zase zakřivovat, podobně jako mezi body **E** a **K,** to znamená, že napětí uvnitř materiálu začne zase stoupat, což pokračuje až do bodu **P.** Bod **P** se nazývá **mez pevnosti,** a napětí, které je v materiálu po dosažení tohoto bodu se nazývá **napětí na mezi pevnosti** a značí se $\mathbf{\sigma_{Pt}}$.

Po překročení tohoto bodu se materiál zkušební tyče začne chovat podobně jako v bodě **K,** začne se nekontrolovaně prodlužovat, aniž by dále vzrůstala zátěž, napětí uvnitř vzorku dokonce rychle klesá. Tento stav trvá jen krátce – do bodu **S,** kdy se tyčinka přetrhne.



Obr. 7 **Tahový a tlakový diagram**

Poměrné prodloužení materiálu:

$\varepsilon = \frac{l - lo}{lo}$ **[1]** bezrozměrné číslo

Výpočet tažnosti:

$\delta = \frac{l - lo}{lo} \cdot 100$ **[%]** jednotky jsou v procentech. Je to vlastně poměrné prodloužení vyjádřené v procentech.

Výpočet kontrakce (zúžení průřezu):

je dána poměrem zúžení tyče po přetržení k původní ploše průřezu tyče, vyjadřuje se podobně jako tažnost v procentech.

$\psi = \frac{So - S}{So} \cdot 100$ **[%]**

Vztahy Hookeova zákona

Vztahy Hookeova zákona platí pouze na začátku tahové zkoušky, tj. **do bodu U,** tahového diagramu a slouží pro pevnostní výpočty strojních součástí, výpočty prodloužení, kontrakcí a kontroly strojních součástí.

Výpočet prodloužení $\Delta l = l - lo$, kde l je délka tyče po přetržení nebo ze vztahu $\Delta l = \frac{F \cdot lo}{E \cdot S}$, kde **F** je zatěžující síla, l_o je původní délka tyče, **E** je modul pružnosti materiálu v tahu, **S** je plocha průřezu zkušební tyče. Dále platí, vztah $\sigma = \frac{F}{S}$ nebo $\sigma = \varepsilon \cdot E$ **[MPa]**

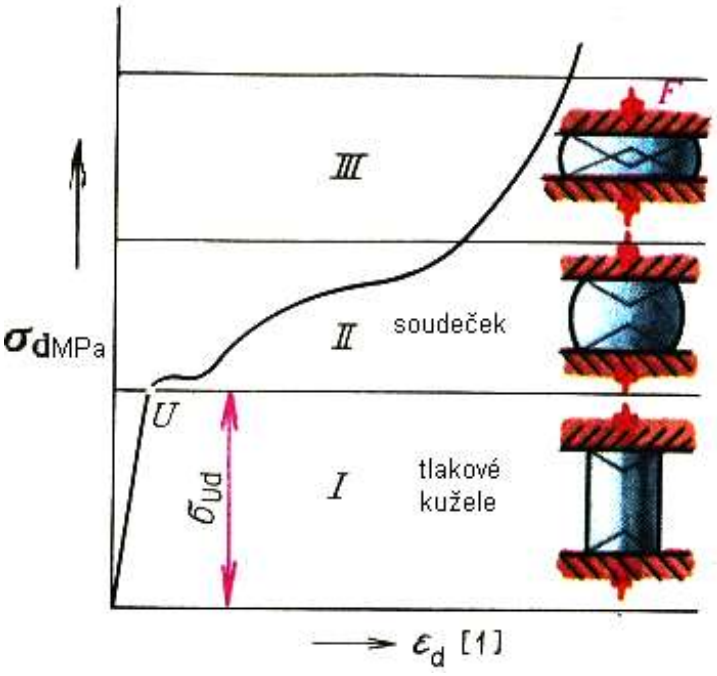
- **Zkouška tlakem**

Je užívána méně, používá se u materiálů, jejichž namáhání je převážně tlakem, což jsou například ložiskové kovy, stavební materiály, keramické materiály. U materiálů houževnatých se tato zkouška užívá jen výjimečně, protože např. u houževnatých ocelí je hodnota meze kluzu v tahu i tlaku téměř stejná. Používá se převážně u materiálů křehkých, jako jsou stavební hmoty, keramika, kámen, beton a další. **Tvar zkušebních těles:** zkušební tělesa z kovů mají tvar válečků o průměru ***d*= 10 až 30mm,** výška u přesných měření bývá ***h*=(2,5 – 3)·d.** Stavební materiály, jako je beton, kámen a dřevo mají zkušební těleso tvaru krychle.

Zpočátku je průběh zkoušky **houževnatého** materiálu (diagram) je podobný jako u tahové zkoušky, materiál odolává poměrně dlouho tlakovému namáhání – křivka diagramu je strmá, uvnitř materiálu se na obou krajích vytvoří napěťové kužele.

Ve druhé fázi zkoušky se hmota začne vytlačovat po kuželových plochách do stran – začne se tvořit soudeček – deformace materiálu začne probíhat rychleji, než vzrůstá síla, což se v diagramu projeví větším sklonem čáry.

Ve třetí fázi čáry se tlakové kužele přiblíží natolik, že i když vzrůstá síla, další deformace tělesa už není téměř možná a křivka má strmý průběh. Tuto fázi však obvykle u tahové zkoušky neprovádíme. U křehkého materiálu ve druhé fázi nevzniká soudečkovitý tvar, ale materiál se náhle – bez plastické deformace rozdrtí.
U této zkoušky můžeme vyhodnocovat z diagramu **pevnost v tlaku, prosté zkrácení Δl_d, poměrné zkrácení ε_d, poměrné zkrácení v procentech δ_d, a příčné rozšíření ψ_d.**
Pevnost v tlaku se uvádí jen u křehkých materiálů, protože u houževnatých nelze určit přesně, kdy k porušení dojde.



Obr. 8 **Diagram tlakové zkoušky a tvary zkušební tyčinky**

- **Zkouška ohybem**

Tuto zkoušku používáme téměř výhradně pro křehké materiály, protože houževnaté materiály se při zkoušce neporuší. Zkušební tyč uložíme na podpěry a přesně uprostřed na tyč tlačíme

zaobleným trnem. Zatížení tyče zvolna vzrůstá, odměřuje se její průhyb ***y*** do okamžiku, kdy dojde k prasknutí tyče. **Pevnost v ohybu** je napětí v okamžiku porušení zkušební tyče σ_{P_o}**.** Z naměřené hodnoty **průhybu** ***y*** vypočítáme poměrný průhyb φ . $\varphi = \frac{y}{l} \cdot 100$ **[%].** Zjišťujeme, jaký je průhyb **y,** než tyčinka praskne.

- **Zkouška krutem**

Zkouška se provádí většinou na vzorcích válcového tvaru. **Za studena** se provádí u drátů **zkouška drátů kroucením**, **za tepla** ji užíváme ke **zjištění kujnosti oceli**. Zkouška se provádí až do porušení materiálu. U materiálů houževnatých se tyč poruší až po několika otáčkách. U této zkoušky vyhodnocujeme tzv. **poměrné zkroucení** $\vartheta = \frac{\varphi}{l_o}$ - (zkrut), kde l_o je délka tyče a φ úhel skroucení, měřený na čele tyče. Pevnost v krutu – **mez pevnosti v krutu** značíme τ_{Pk} je největší smykové napětí, při němž se zlomí zkrucovaná tyč.

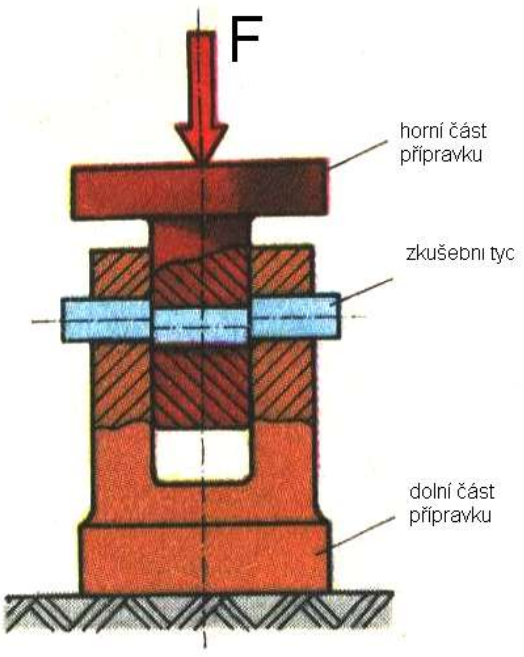
- **Zkouška střihem**

Provádí se na válcových tyčích. Tyč se vloží do zkušebního stroje a začne se na ni působit silou, kterou zvolna zvětšujeme. Mez pevnosti vypočítáme při porušení tyče ze zatěžující síly **F** v okamžiku porušení a plochy stříhaných průřezů.

Mez pevnosti ve střihu značíme τ_{Ps}**.** Tato zkouška není u kovů příliš běžná, provádí se více u nekovových materiálů jako např. slída, lepenka. U kovů zjišťujeme pevnost ve střihu při lisování – prostřihování plechů na lisech pomocí lisovacích nástrojů – **prostřihovadel.**

Pevnost ve střihu u kovů můžeme vypočítat podle zjednodušeného vztahu $\tau_{Ps} = 4/5 \cdot \sigma_{Pt}$**.**

Obr. 9 **Zkušební zařízení pro zkoušku střihem**



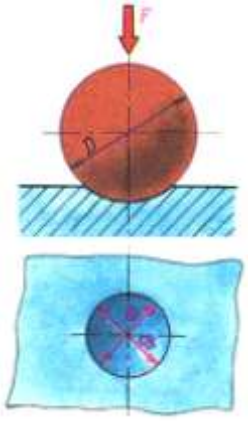
Zkoušky tvrdosti

Tvrdost můžeme definovat jako odpor materiálu proti vnikání cizího tělesa.
Tvrdost je velmi důležitou mechanickou vlastností konstrukčních i nástrojových materiálů. Tvrdost se dá změřit v porovnání se zkouškami pevnosti velmi rychle, můžeme ji měřit i na hotových výrobcích, protože dochází sice k poškození povrchu součásti, ale jen ve velmi malém měřítku. Ze zjištěné tvrdosti lze přibližně vypočítat i pevnost v tahu a posoudit i obrobitelnost příslušného materiálu.
Zkoušky tvrdosti provádíme většinou vtlačováním – vnikáním zkušebního tělesa do povrchu měřeného materiálu – **zkouška vnikací.** Zkoušky tvrdosti se však mohou provádět i jiným způsobem – např. zkouška **odrazová, nebo vrypová.**
Nejpoužívanější zkoušky jsou zkoušky vnikací. Do materiálu jsou vtlačována zkušební tělíska o vysoké tvrdosti a různého tvaru. Nejvíce používané jsou zkoušky tvrdosti podle **Brinella, Rockwella a Vickerse.** Každou z nich užíváme pro jiné hodnoty tvrdosti materiálů (Brinell pro materiály měkké, Vickers pro všechny druhy materiálů) a jejich provedení je popsáno normou – **jsou normalizované.** Naměřenou tvrdost označujeme kombinací písmena **H +** zkratky druhu zkoušky a číselné hodnoty naměřené tvrdosti, např. **HB 200.**

- **Zkouška tvrdosti podle Brinella**

Tvrdost podle Brinella zjišťujeme vtlačováním kalené ocelové kuličky normalizovaného průměru (užívají se průměry 10; 5; 2,5; 2 a 1 mm silou, jejíž velikost závisí na průměru kuličky (užívají se síly $\mathbf{F = 300D^2}$, $\mathbf{F = 100D^2}$, $\mathbf{F = 50D^2}$ **a** $\mathbf{F = 25D^2}$. Doba, po kterou zkušební kuličku vtlačujeme do materiálu je 10, 30, 120 nebo 180s. Zkušební stroje se nazývají **Brinellovy tvrdoměry.** Pro dílenské účely se užívají tzv. **přenosné, kapesní tvrdoměry** nazývané **kladívko Poldi** (popsáno dál).

kalená kulička vtlačovaná do povrchu



Obr. 10 **Schéma zkoušky dle Brinella**

Kulička se do materiálu zatlačí – vytvoří kruhový otisk a po odstavení síly měříme **průměr vzniklého vtisku 2x kolmo na sebe** (na obrázku označeno $\mathbf{d_1}$ **a** $\mathbf{d_2}$). Z těchto dvou změřených průměrů vtisku, vypočítáme aritmetický průměr. Tvrdost pak **odečteme z tabulek podle použité síly a aritmetického průměru vtisku**. Označení tvrdosti pak zahrnuje **průměr kuličky**, **velikost zatěžující síly v N** [Nevton], **dobu zátěže** v **s** a **odečtenou tvrdost** z tabulek. Tyto údaje od sebe oddělujeme šikmou čarou např. **HB 10/10 000/30 = 300** (průměr kuličky 10mm, síla F=10 000N, doba zátěže 30s, z tabulek odečtena hodnota tvrdosti 300 stupňů tvrdosti HB.

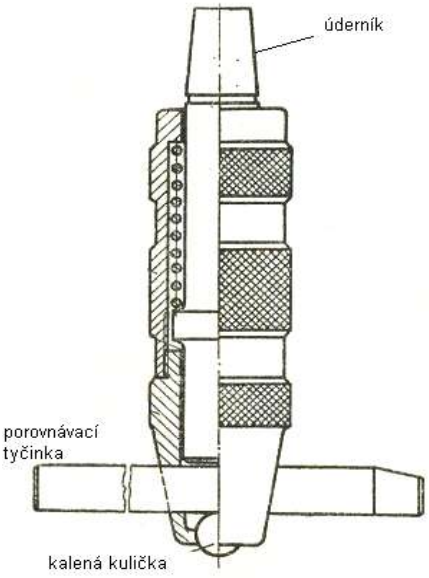
Tato zkouška má některé nevýhody. Např. vtisk nemusí být vždy úplně zřetelný – nemusí být vidět přesný okraj vtisku a jeho změření může být proto nepřesné, další příčinou nepřesnosti může být deformace zkušební kuličky, která je kalená a může u ní dojít k menším deformacím, zvláště u tvrdších materiálů. Proto se pro materiály nad HB 400 užívá slinutých karbidů. Z této zkoušky se dá pomocí empirických vztahů (vztahy zjištěné z praxe) vypočítat i pevnost materiálu v tahu σ_{Pt}= (0,31 – 0,41)·HB pro kovové materiály. Pro konstrukční oceli užíváme střední hodnoty σ_{Pt}= 0,36 HB. Tvrdost podle Brinella měříme hlavně u neželezných kovů jako jsou Al, Cu, Pb a dalších a jejich slitin.

Zkouška tvrdosti kladívkem Poldi

Tuto zkoušku řadíme mezi zkoušky tvrdosti **dynamické**

Kladívko Poldi je malý přenosný měřicí přístroj, užívaný většinou v provozních podmínkách, kterým měříme tvrdost ve stupních Brinella.

Postup při měření je následující. Do výřezu ve spodní části kladívka se vsune porovnávací tyčinka čtvercového průřezu, známé tvrdosti. Tvrdoměr pak vložíme kuličkou na měřený povrch materiálu, vyrovnáme do kolmé polohy a kladívkem uhodíme na horní část úderníku. Úderem se vytvoří otisk kuličky na zkoušeném materiálu i na porovnávací tyčince. Součástí měřicího přístroje je malá Brinellova lupa, pomocí které změříme **2x kolmo na sebe** otisk v materiálu a stejným způsobem i na porovnávací tyčince. Vypočteme aritmetický průměr obou vtisků. Z tabulek, které jsou dodávané s přístrojem, odečteme tvrdost HB, případně i pevnost materiálu, pomocí vypočtených průměrů vtisků v porovnávací tyčince a na měřeném materiálu.



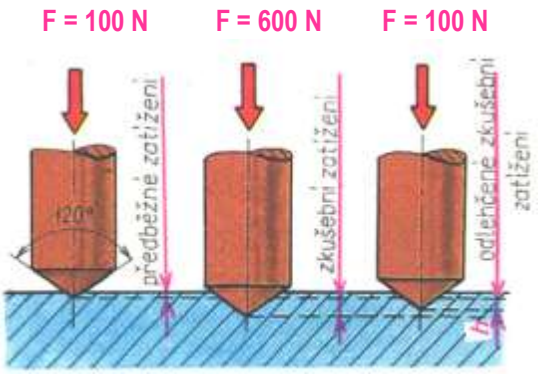
Obr. 11 **Kladívko Poldi**

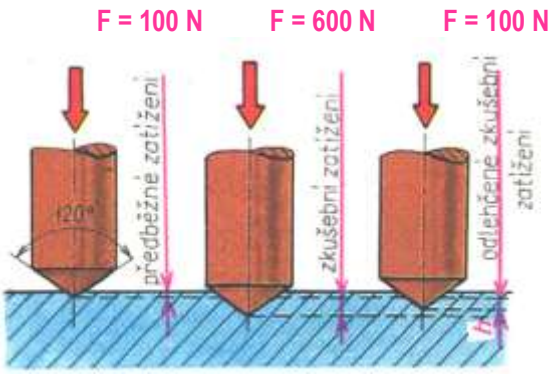
- **Zkouška tvrdosti podle Rockwella**

Na rozdíl od Brinellovy zkoušky měříme u metod podle Rocwella hloubku vtisku zkušebních tělísek. Normalizovány jsou tři způsoby zkoušek podle Rocwella:

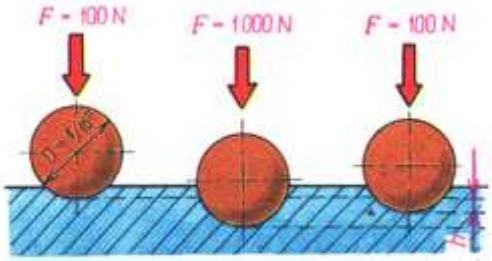
- zkouška, jejíž tvrdost značíme **HRA** – vtlačujeme do materiálu diamantový kužel o **vrcholovém úhlu 120^{o}** nejvyšším zatížením 600N;
- zkouška, jejíž tvrdost značíme **HRC** – vtlačujeme do materiálu diamantový kužel o **vrcholovém úhlu 120^{o}** nejvyšším zatížením 1500N;
- zkouška, jejíž tvrdost značíme **HRB** – vtlačujeme do materiálu kalenou ocelovou kuličku o průměru **1/16“** nejvyšším zatížením 1000N.

Zkoušky tvrdosti podle Rocwella provádíme na přístrojích zvaných **Rocwellův tvrdoměr.** Postup při měření je následující. Ocelovou kuličku nebo diamantový kužel nejprve zatížíme tzv. předzátěží - silou 100N. Je to výchozí hodnota zatížení pro začátek měření. Zatěžující sílu zvyšujeme až na maximum, kterého by mělo být dosaženo do 6 sekund. Hloubku vtisku nám ukazuje číselníkový úchylkoměr, který je součástí měřicího přístroje. Po ustálení ručičky úchylkoměru zatížení postupně snižujeme až na hodnotu předzátěže, tj. 100N. Tím zmizí pružná deformace materiálu a ručička se vrátí o určitou hodnotu. Na číselníku označeném stupni tvrdosti, pak čteme přímo hodnotu naměřené tvrdosti. Využití této zkoušky je jak pro materiály tvrdé – **HRC,** tak měkké **HRB.** Naměřené hodnoty jsou přesnější, jako u zkoušky podle Brinella, odstraní se nepřesnosti vzniklé nedokonalým vtiskem kuličky.





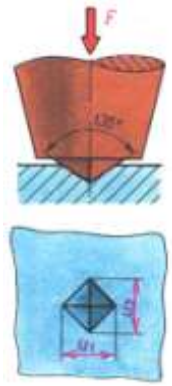
Obr. 12 **Schéma zk. dle Rockwella označ. HRA** **Schéma zkoušky dle Rockwella označ. HRC**



Obr. 13 **Schéma zkoušky dle Rockwella označ. HRB**

- **Zkouška tvrdosti podle Vickerse**

Obr. 14 **Schéma zkoušky dle Vickerse označ. HV**



Podstatou měření podle Vickersovy metody je vtlačování čtyřbokého diamantového jehlanu, jehož vrcholový úhel protilehlých stran je 136°. Určitou silou a rychlostí do měřeného materiálu. Zatěžující síla bývá v rozmezí od 10N do 1000N. Doba zátěže je v rozmezí 10 – 180 sekund. Zkoušky podle Vickerse provádíme na přístrojích zvaných Vickersův tvrdoměr. Průběh zkoušky je následující. Přístroj má otočnou hlavu, ve které je upevněn diamantový hrot a zároveň objektiv. Do materiálu položeného na stůl tvrdoměru vtlačíme stiskem páky přes pružinu diamantový hrot a držíme předepsanou dobu. Vytvoříme tak čtvercový vtisk. Po odlehčení páky otočíme hlavou do druhé krajní polohy tak, aby byl objektiv nad vtiskem, přitlačíme objektiv na materiál. Pomocí okuláru, na němž je stupnice, změříme délky obou úhlopříček u_1 a u_2. Z obou délek vypočteme jejich aritmetický průměr a z tabulek odečteme tvrdost. Nebo ji vypočítáme ze vztahu **HV=$F/u^2 \cdot 0{,}189$.** Velikost zatížení, při němž se zkouška provádí, se píše k označení tvrdosti, např. zkouška se zatížením 100N píšeme HV 100 =210. Vickersovou metodou je možno měřit materiály různé tvrdosti, tenké plechy i malé součásti s velkou přesností.

- **Zkoušky tvrdosti odrazové**

Zkoušky odrazové se používají poměrně málo, hlavně tak, kde se jedná o velké výrobky a konstrukce. Pro porovnání tvrdosti zjištěné odrazovou zkouškou a např. zkouškou dle Rockella nebo Vickerse jsou sestaveny převodní tabulky pro převod mezi jednotlivými způsoby měření.
Zkouška odrazová podle Shorea se provádí na zkušebním zařízení zvaným **Shoreho skleroskop.** Označení tvrdosti je **HSh.**
Tvrdost měříme podle výšky odskoku ocelového tělíska opatřeného v části, která dopadá na měřený materiál, buď diamantem, nebo slinutým karbidem vybroušeným do normalizovaného tvaru. Zkušební těleso ve skleněném válci se stupnicí necháme dopadnout z určité výšky na měřený povrch a měříme velikost jeho odrazu. Tvrdé materiály odrazí tělísko do větší výšky než měkké. Tato metoda však není příliš přesná. Pro měření svislých povrchů nemůžeme použít tento přístroj, používá se tzv. **Duroskop**, což je kývající kladívko, kterým měříme také ve **stupních Shoreho**.

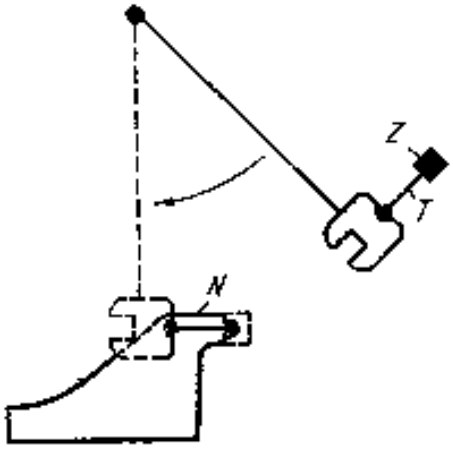
2.1.3 Dynamické zkoušky mechanických vlastností

Množství součástí je namáháno kromě sil statických i silami, které mění prudce svoji velikost i směr, případně silami které se periodicky opakují.

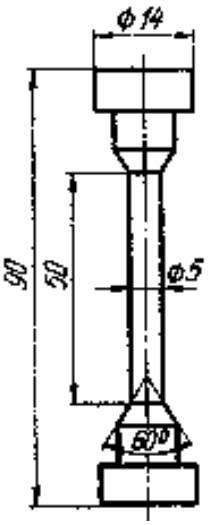
- **Zkoušky rázové**

Rázové zkoušky nejsou mnoho využívané. Užívají se hlavně ke stanovení deformační práce u materiálů určených k tváření (rázová zkouška tlakem) nebo ke zjištění odolnosti materiálů proti rázům. K tomuto účelu užíváme rázovou zkoušku tahem neb ohybem.

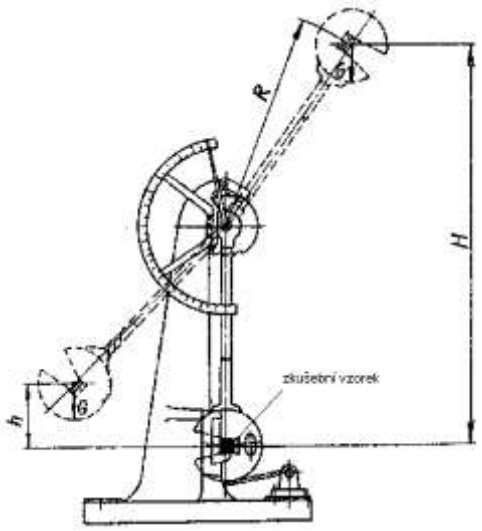
Nejpoužívanější zkouškou z rázových zkouše je **rázová zkouška ohybem, nebo** jinak **zkouška vrubové houževnatosti,** kterou provádíme na zkušebním stroji zvaném **Charpyho kladivo** nebo na kladivu typu **Amsler.**



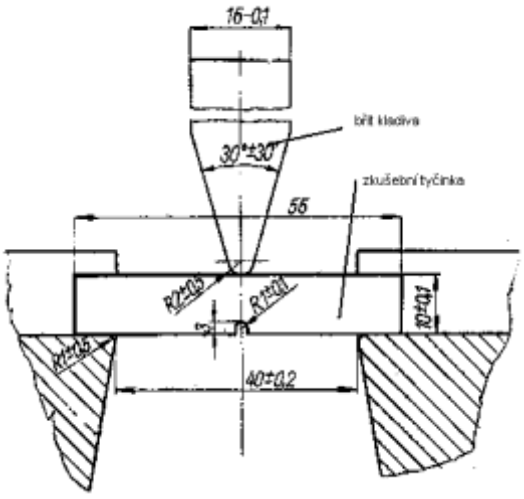
Obr. 15 **Shéma rázové zkouška tahem**



Obr. 16 **Zkušební tyčinka**



Obr. 17 **Rázová zkouška ohybem**



Obr. 18 **Uložení tyčinky do zkušebního stroje**

- **Zkouška vrubové houževnatosti**

Charpyho kladivo je vyrobeno z masívní litinové desky, na níž jsou dva stojany mezi, kterými se při zkoušce pohybuje kyvadlo – **kladivo.** Kyvadlo je uloženo ve valivých ložiskách. Hlava kladiva má vybrání, do něhož je vsazen kalený břit, který má normalizovaný tvar. Do spodní části stojanů se vloží zkušební tyč normalizovaného tvaru. Uprostřed tyče je proveden vrub. Tyč se vkládá tak, aby plocha, na níž je vrub, byla proti nárazové hraně kladiva.

Průběh zkoušky je následující. Kladivo zdvihneme do počáteční polohy a zajistíme v této poloze západkou. Vysunutím západky kladivo uvolníme, a to padá po kruhové dráze vlastní váhou dolů, kde v nejnižší poloze dopadne břitem na zkušební tyčinku, kterou přerazí a překývne na druhou stranu. Výška překývnutí je zaznamenána vlečnou ručičkou. Ze známých

a naměřených hodnot (**tíha kladiva G, počáteční výška H a výška po překývnutí h**) pak počítáme nejdříve **nárazovou práci A_R , (**která je spotřebovaná na přeražení tyčinky) a z ní pak vrubovou houževnatost **R.**

nárazová práce A_R= G · (H – h) [J], **vrubová houževnatost R=** $\frac{AR}{So}$ **[** $\frac{J}{m^2}$ **],**

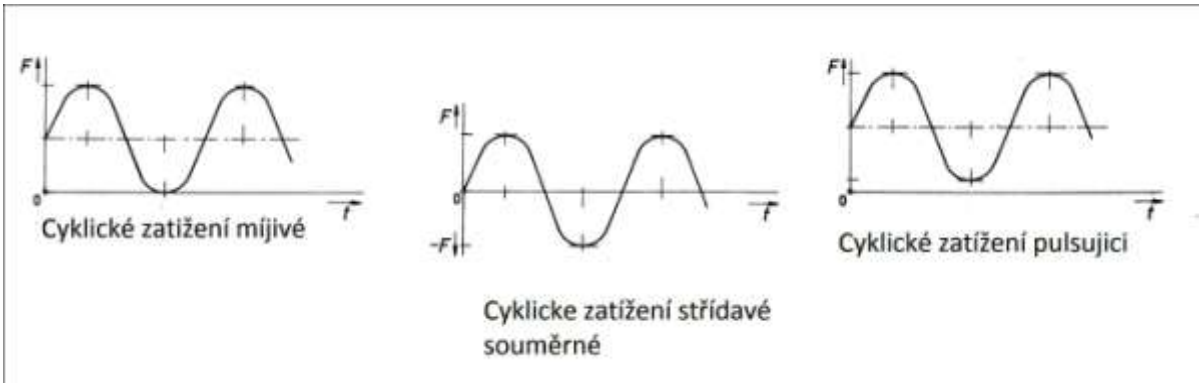
kde S_o je plocha příčného průřezu zkušební tyčinky v místě vrubu.

Zkušební tyčinka je normalizovaná, má obvykle čtvercový průřez, vrub může mít různý tvar. Zkouška vrubové houževnatosti se používá u kovů ke zjištění citlivosti na rázy, je zároveň měřítkem citlivosti materiálu na hromadění napětí v místě vrubů.

Dynamické zkoušky opětovným namáháním - únavové

V praxi je většina součástí namáhána silami, které mění v čase svoji velikost i směr a silami které se periodicky opakují, silami kmitavými. Součásti mohou být namáhány základními druhy namáhání, jako je tah, tlak ohyb atd., ve většině případů jsou však namáhány jejich kombinací např. krut + ohyb, tah + tlak atd. Cyklickým namáháním může vzniknout u součástí tzv. **únavový lom,** který vzniká najednou (působením sil, které ani zdaleka nedosahují dovolených hodnot) v okamžiku, kdy je překročena tzv. **mez únavy. Mez únavy je napětí při němž můžeme namáhání součásti opakovat po nekonečný počet cyklů – do nekonečna.**

Způsoby zatížení součástí jsou: statické nebo cyklické. Cyklické zatížení rozeznáváme pulsující, míjivé, střídavé souměrné nebo nesouměrné.



Obr. 19 **Druhy dynamického namáhání**

Z praxe víme, že součásti namáhané střídavým namáháním, které se mnohonásobně opakuje, se náhle poruší při zatížení, které leží hluboko pod pevností materiálu, dokonce ani nedosahuje dovolených hodnot. Toto porušení je navíc nebezpečné v tom, že mu nepředchází žádná trvalá deformace.

Pro zjišťování meze únavy užíváme nejčastěji zatížení střídavým ohybem za současné rotace. Zjišťuje se počet zatěžovacích cyklů, po které materiál vydrží bez porušení. Zatěžovat materiál nekonečně dlouho nelze, u ocelí nám stačí pokud vydrží počet cyklů řádově 10^7. Některé neželezné kovy (Al, Mg) přesahují dokonce počet cyklů 10^8.

- **Zkoušky za vysokých teplot**

Tyto zkoušky provádíme u materiálů, které používáme na výrobu součástí pracujících za extrémně vysokých nebo nízkých teplot. Nejčastější zkouškou je **zkouška tahová**, méně častá zkouška je **zkouška ohybem, krutem a zkoušky tvrdosti.** S rostoucí teplotou klesá u většiny materiálů pevnost v tahu a mez kluzu. Stoupá naopak tažnost.

- **Zkoušky za nízkých teplot**

Zkoušky za nízkých teplot mají podobné uplatnění jako zkoušky za teplot vysokých, to je u materiálů, u nichž je předpoklad, že za těchto teplot budou součásti z nich vyrobené pracovat. U těchto materiálů naopak vrůstá pevnost a klesá tažnost a houževnatost. Tyto zkoušky provádíme hlavně u materiálů užívaných v letecké, chladírenské technice a všude tam, kde může teplota klesat trvale pod -50^{o}C a více. Používají se zde **zkoušky tahové** a **zkoušky vrubové houževnatosti.**

2.2 TECHNOLOGICKÉ ZKOUŠKY MATERIÁLŮ

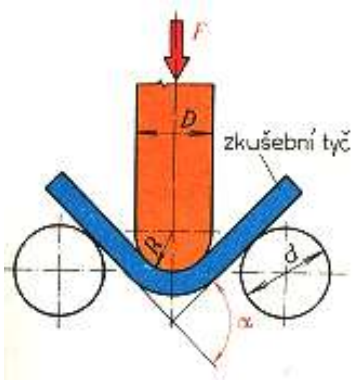
Tyto zkoušky jsou velmi důležité z hlediska technické praxe. Od zkoušek mechanických vlastností se liší tím, že se těmi zkouškami nezjišťují přesné hodnoty mechanických veličin, ale zjišťujeme většinou vhodnost určitého materiálu nebo polotovaru pro určité užití nebo technologii zpracování. Pomocí těchto zkoušek se tedy snažíme ověřit, jestli materiál, polotovar nebo např. svar vydrží určitý druh namáhání, kterému bude vystaven v provozu, nebo jestli je materiál nebo polotovar vhodný pro určitý způsob zpracování. V úvodu strojírenské technologie byly probrány **technologické vlastnosti** materiálů. Jestli mají materiály tyto vlastnosti, a jestli je můžeme využívat např. pro slévárenské účely, pro obrábění nebo svařování, ověřujeme právě pomocí **technologických zkoušek.** Většina těchto zkoušek je popsána normami.

2.2.1 Zkoušky tvárnosti za studena

Tvárnost je technologická vlastnost materiálu, kterou musí mít materiál, který má být užitý pro tváření za studena nebo za tepla. To je např. válcování, lisování, kování. Materiál, který má dobrou tvárnost se nesmí působením vnějších sil porušit a v případě, že změní svůj tvar působením vnějších sil (tvářením) drží si tento tvar i po ukončení tváření – působení těchto sil.

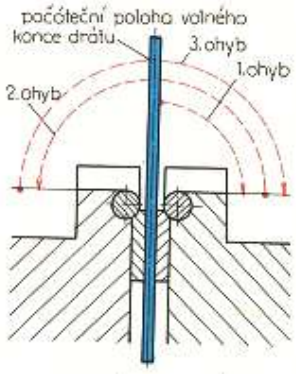
- **Zkoušky lámavosti**

Těmito zkouškami zjišťujeme, zda je materiál určité třídy jakosti lámavý za studena. Zkušební tyčinku vložíme na dva válečky a trnem uprostřed tyče tyč namáháme na ohyb zvolna se zvětšující silou. Zjišťujeme úhel **α** při němž dojde ke vzniku první trhliny. Průměry válečků, průměr trnu, případně i směr válcování tyče vhledem k ose ohybu a hodnoty úhlu **α,** udává příslušná norma.



Obr. 20 **Schéma zkoušky lámavosti**

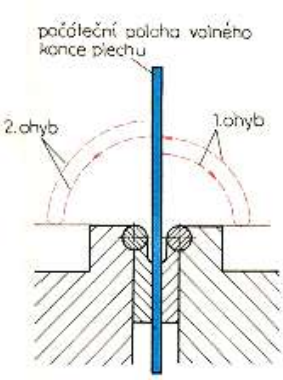
- **Zkouška drátu střídavým ohybem**



Tato zkouška udává odolnost drátu proti střídavému ohýbání. Drát upneme do čelistí, které jsou zaoblené. Drát je před zkouškou ve svislé poloze. Za první ohyb je považován ohyb o 90^{o} na některou stranu, každý další ohyb je vždy o 180^{o}. Vyhodnocuje se počet ohybů do vzniku první trhliny.

Obr. 21 **Zkouška drátu střídavým ohybem**

- **Zkouška střídavým ohýbáním plechů a pásů**

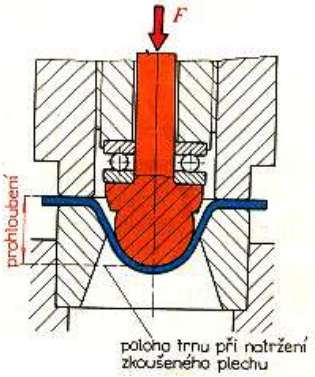


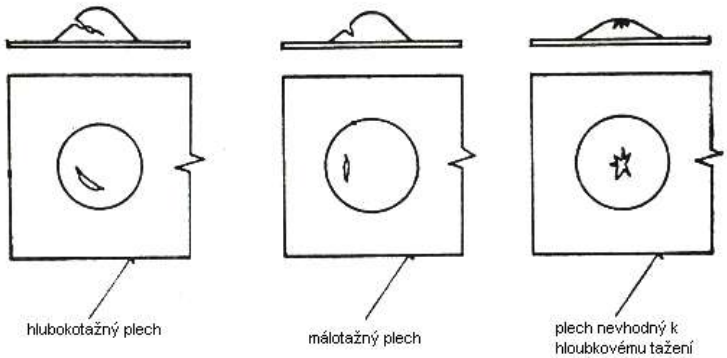
Zkouška je podobná zkoušce drátů, rozdíl je v hodnocení toho, co je ohyb. Za ohyb je považován ohyb plechu o 90^o a zpět do svislé polohy. Další ohyb je na opačnou stranu opět na úhel 90^o a zpět do svislé polohy.

Obr. 22 **Zkouška plechů a pásů střídavým ohybem**

- **Zkouška plechů a pásů hloubením dle Erichsena**

Používá se u plechů u nichž je zjišťujeme vhodnost k hlubokému tažení.
Čtvercový vzorek plechu se upne do zkušebního stroje přidržovačem na průtažnici. Do plechu pak vtlačujeme kulový leštěný průtažník o průměru 20 mm. V plechu začne vznikat kulová boule, kterou musíme sledovat v zrcátku přístroje. V okamžiku vzniku trhliny přestaneme průtažník vtlačovat. Vyhodnocuje se velikost prohloubení, poloha trhliny a hladkost vytlačeného kulového vrchlíku. Pokud je povrch drsný nebo hrbolatý, svědčí to o hrubé struktuře materiálu a tedy nevhodnosti k tažení.



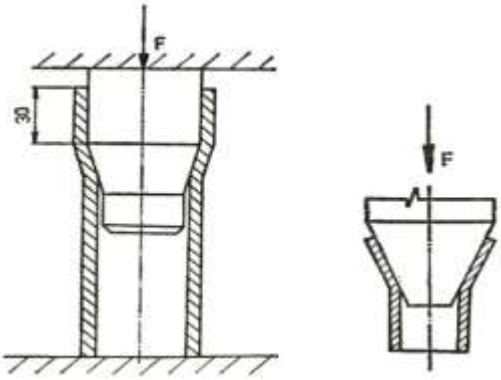


Obr. 23 **Schéma zkoušky dle Erichsena**

Obr. 24 **Tvary trhlin u různých kategorií materiálů**

- **Zkouška trubek rozháněním, rozšiřováním, lemováním a smáčknutím**

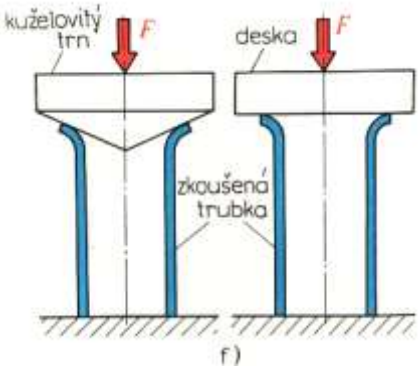
Tato zkouška je prováděna u trubek, u nichž ověřujeme, jestli je možno je např. při montážích deformovat stačováním nebo rozháněním atd. (vytvoříme z konce trubky hrdlo např pro pájený nebo lepený spoj). Zkoušky jsou prováděny na univerzálních trhacích strojích nebo na lisech.
U zkoušky **rozháněním** vtlačujeme do trubky kuželovitý trn s kuželovitosti 1:5, který přechází do válce předepsaného průměru. Válcová část musí vniknout do vzorku 30mm. Prohlídkou zjišťujeme, jestli v místě rozšíření trubky nevznikly trhliny.



Obr. 25 **Zkouška rozháněním Zkouška rozšiřováním**

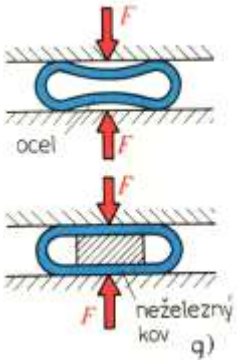
konců trubek. Do trubky vtlačujeme kuželovitý trn maximální rychlostí 50 mm za minutu. Trubka vyhovuje, pokud na rozšířeném konci nejsou trhliny.

- **Zkoušky lemováním** zjišťujeme deformační schopnost konců trubek, při určitých stupních deformace. Nejprve do trubky vtlačujeme kuželovitým trnem o vrcholovém úhlu 90 – 120°, konec se rozšíří podle trnu. Další část zkoušky je vytvoření **lemu osazeným trnem** tak, že vytvořený lem musí být kolmý na podélnou osu trubky. Místo osazeného trnu se někdy používá rovná deska. Trhliny se nesmí vytvořit po dokončení lemu trubky.



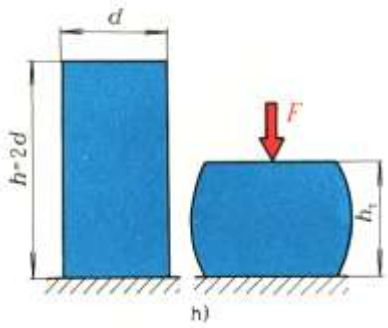
Obr. 26 **Zkouška lemování konců trubek**

- **Zkouška smáčknutím** (nebo **stlačováním)** se provádí různým způsobem u kovů železných i neželezných. Zjišťujeme deformační schopnost trubek při radiálním působením tlaku na trubku, tj. tlaku působícího kolmo na podélnou osu trubky. Užívá se u trubek, kde je možnost namáhání kolmým tlakem (průchod stěnou, uložení ve zdivu atd..). Trubku stlačujeme mezi dvěma rovnoběžnými deskami na **dotyk vnitřních stěn u trubek ocelových** nebo u neželezných kovů stlačení omezujeme **omezovací vložkou.** Pokud vzniknou trhliny, trubka nevyhoví. Provádí se na lisech.



Obr. 27 **Schéma zkoušky smáčknutím (stlačováním)**

- **Zkouška pěchováním za studena** slouží ke zjištění tvárnosti hlavně pro **nýty, šrouby** a jiné spojovací součásti. Provádí se pro materiály do 30 mm. Zkušební těleso je váleček, který má průměr shodný s předpokládanou součástí, výška je **2d.** Pěchování se provádí až na 50% výšky. Posuzuje se zhrubnutí povrchu a trhliny.

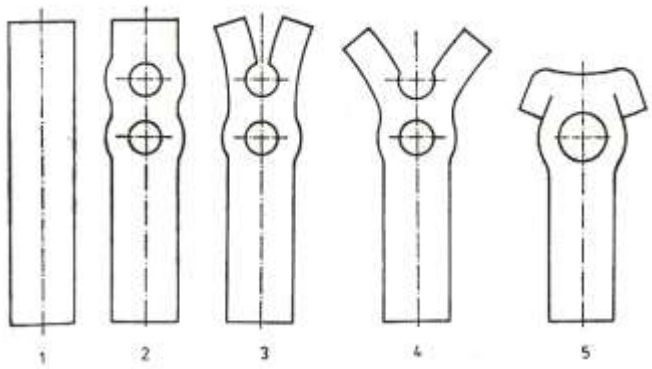


Obr. 28 **Zkouška pěchováním za studena**

2.2.2 Zkoušky tvárnosti za tepla - kovací

- **Zkouška děrováním a rozštěpením**

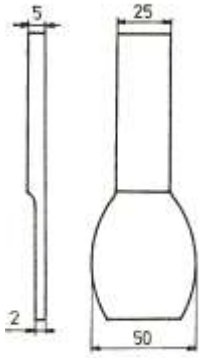
Tyto zkoušky používáme u polotovarů, které chceme zpracovávat tvářením za tepla, hlavně kováním. Zkušební tyčinku o průřezu **25 x 10 mm** nebo **25 x 5 mm** délky **200 -300mm,** ohřejeme na teplotu **900 – 1000°C.** Na jeden konec prorazíme dvě díry o **průměru 10 mm.** Konec se rozštěpí až do díry. Oba konce se pak **rozehnou**. Následuje rozšíření druhé díry na průměr **15mm.** Následuje úplné ohnutí konců tyče, které musí dolehnout v obráceném směru na tyč. U dobře kovatelné oceli se nesmějí objevit trhliny.



Obr. 29 **Postup zkouška děrováním a rozštěpením**

- **Zkouška rozkováním**

Při této zkoušce můžeme použít druhé strany zkušební tyče po **děrování a rozštěpení.** Volný konec se při kovací teplotě rozková. U **tyčí tloušťky 5 mm na šířku dvojnásobnou (50mm),** u **tyčí tloušťky 10mm na šířku trojnásobnou (75mm).** Na hranách ani plochách se nesmějí objevit trhliny, pokud je ocel dobře kovatelná.



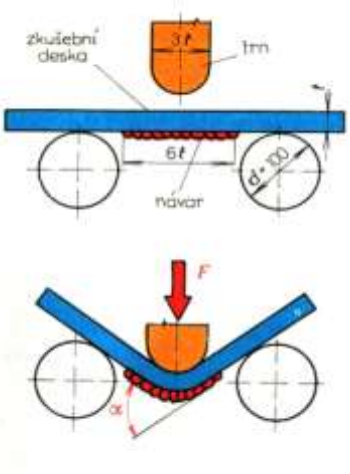
Obr. 30 **Tvar zkušební tyče po rozkování**

2.2.3 Zkoušky svařitelnosti

Svařitelnost materiálu je jeho schopnost vytvořit ze dvou nebo více částí některým ze způsobů svařování. Svařitelnost vyjadřujeme ve čtyřech stupních: **zaručená, zaručená podmíněná, dobrá a obtížná.** Svařitelnost se zkouší množstvím zkoušek, které jsou přizpůsobeny hlavně konstrukčnímu provedení svar a jeho namáhání. Proto je ke zjištění svařitelnosti důležité vybrat správnou zkoušku nebo posoudit svařitelnost i podle několika zkoušek.

- **Zkouška svařitelnosti ohybová návarová**

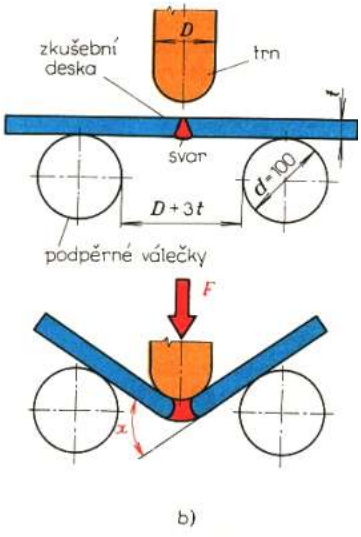
Do zkušební desky se vyfrézuje 4mm hluboká drážka do níž se provede návar elektrodou určenou pro ocel, z níž je zkušební deska. Zkoušku provádíme až po vychladnutí návaru. Desku položíme na válečky průměru d=100 a zaobleným trnem desku ohýbáme. Důležité rozměry zkušebního zařízení jsou zakótovány na obrázku. Při ohýbání se měří úhly jednotlivých stádií ohybu: úhel při vniku první trhliny na návaru, úhel při vzniku nálomu, úhel kdy trhlina začne přecházet z návaru do destičky, úhel úplného zlomení



Obr. 31 **Zkouška ohybová, návarová**

- **Zkouška lámavosti svaru**

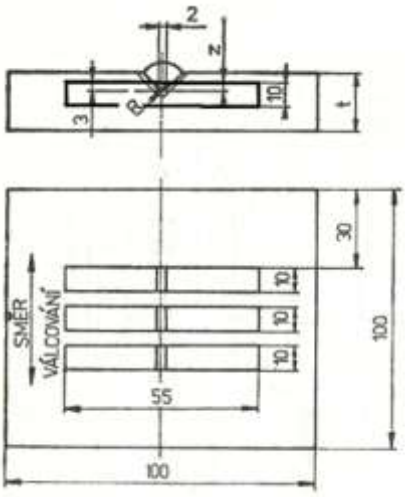
Zkušební stejné tyče se svaří tupým V svarem. Po vychladnutí uložíme svařenou tyč na válečky tak, aby se svar při ohýbání rozevíral. Důležité rozměry zkušebního zařízení jsou zakótovány na obrázku. Měří se úhel, při kterém vznikne ve svaru první trhlinka.



Obr. 32 **Zkouška lámavosti svarů**

- **Nárazová návarová zkouška**

Touto zkouškou se ověřuje, jak teplota při svařování dalece ovlivní svar a jeho okolí tepelně. Jak svar a tepelně ovlivněný materiál zkřehne po provedení svaru. Tyto zkoušky provádíme u materiálů do tloušťky do 25 mm. Příprava zkoušky spočívá v tom, že na desku z materiálu, který budeme zkoušet, provedeme návar po celé délce **ve směru válcování.** Z desky vyřežeme **tři tyče** pro zkoušku vrubové houževnatosti, a to tak, aby svar měl kořen vrubu na hranici návaru. Materiál po zkoušce by neměl vykazovat nižší hodnotu vrubové houževnatosti než je stanovena normou.



Obr. 33 **Výběr zkušebních vzorků pro nárazovou návarovou zkoušku**

2.2.4 Zkoušky obrobitelnosti

Obrobitelností materiálu rozumíme vhodnost materiálu k třískovému obrábění. Při těchto zkouškách posuzujeme, jak se materiál chová při soustružení frézování, vrtání atd.

Obrobitelnost posuzujeme např. podle snadnosti oddělování třísky, zda se tříska nelepí na nástroj, zda netvoří na ostří nástroje nárůstky, tvar třísky, jak velký klade materiál při obrábění řezný odpor a další. Tyto zkoušky provádíme normalizovanými nástroji (řezné úhly, materiál břitu) a zkoušíme na zkušebních – měřících suportech, při konstantních řezných podmínkách (hloubka řezu, posuv, řezná rychlost)a různých rychlostech. Obrobitelnost má velký vliv na životnost nástrojů a také na kvalitu povrchu, tj jeho drsnost.

2.2.5 Zkoušky slévatelnosti

Slévatelnost je **souhrn** vlastností materiálů, které musí mít materiál určený k lití. Kovy musí mít dobrou tekutost a zabíhavost (schopnost vyplnit rychle formu i v těch nejužších místech), kov nesmí tvořit bubliny a při ochlazení musí mít malou smrštivost.
Zkouška slévatelnosti se provádí tak, že zaformujeme model ve tvaru spirálové drážky (ve formě tak vytvoříme spirálovou dutinu) a tekutý kov lijeme do formy tak dlouho, až je vtokový otvor plný. Po vychladnutí kovu vyjmeme odlitek z formy a zjistíme, jakou část spirály kov zaplnil – kam až zaběhl. Smrštění zjistíme změřením rozměru odlitu a porovnáním s rozměry modelu, který jsme použili pro zaformování spirály.

2.2.6 Zkoušky prokalitelnosti

K důležitým vlastnostem ocelí patří **kalitelnost a prokalitelnost. Kalitelnost** materiálu je schopnost materiálu dosáhnout kalením zvětšení jeho tvrdosti. **Prokalitelnost** je hloubka kaleného materiálu, do níž pronikne kalením určitá zvětšená, požadovaná tvrdost (zjednodušeně by se dalo říci, že se jedná o hloubku zakalení).
Kalitelnost i **hloubka prokalení** závisí na průměru nebo na tloušťce kalených součástí.

Další zkoušky technologické, které stojí za krátkou zmínku, jsou zkoušky **odolnosti proti opotřebení,** které bývá v praxi způsobeno vzájemným otěrem součástí. Má význam u materiálů, které jsou používány ke konstrukci drtičů, mlýnů, bagrů. Zkoušky se dělají na speciálních zkušebních strojích, úkolem zkoušky je napodobit podmínky provozu a zjistit při nich odolnost součástí.

Zkoušky jiskrové užíváme ke zjištění druhu neznámé oceli. Při této zkoušce se užívá sada etalonů – vzorků, známého složení. Na brusném kotouči brousíme zároveň vzorek s neznámým materiálem a porovnáváme tvar jisker tak dlouho, až jsou jiskry u obou materiálů přibližně stejné.

2.3 ZKOUŠKY MATERIÁLŮ BEZ PORUŠENÍ – NEDESTRUKTIVNÍ

Obor, který se zabývá zkoušením materiálů bez porušení, se nazývá **defektoskopie.** Zkoušení materiálů bez porušení se užívá hlavně u hotových výrobků, kde nechceme, aby byla hotová součást zkouškou zničena, ale potřebujeme ověřit její kvalitu nebo zjistit zda na povrchu součásti nebo uvnitř součásti není skrytá vada. U zkoušek destruktivních je navíc nevýhoda v tom, že jakost vybraného vzorku nemusí odpovídat jakosti všech součástí vyrobených z příslušného materiálu. **Zkoušky nedestruktivní** mají velkou důležitost mezi zkouškami materiálů. V současné době existuje velké množství různých metod nedestruktivních zkoušek, které můžeme při zkoušení vzájemně kombinovat, protože jen málo zkušebních metod je stoprocentních. K tomu, abychom zjistili spolehlivě všechny vady v součásti, musíme použít i několik metod po sobě.

Vady v materiálu můžeme rozdělit na vady **povrchové** a vady skryté – **vnitřní.** Zkoušky nedestruktivní se dělají buď ve zkušebnách, nebo laboratořích, mohou se dělat i v podmínkách provozu nebo i na montážích (montáže ocelových konstrukcí např. mostů)

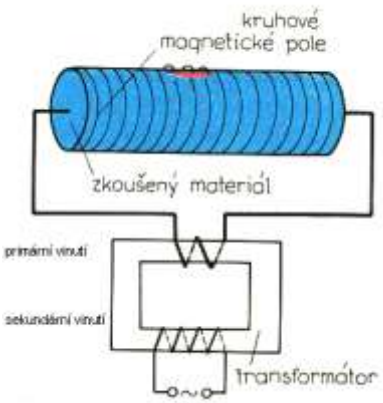
2.3.1 Zkoušky vnějších vad (vad na povrchu materiálu)

Kontrola prohlídkou – je nejjednodušší způsob zjišťování povrchových vad materiálu. Materiál prohlížíme buď pouhým okem nebo pomocí kvalitní lupy. Důležitá je dobrá viditelnost – zdroj světla a zviditelnění vady např. pískováním nebo mořením. Zviditelnění vady je možné natřením povrchu olejem s vápenným mlékem, kdy po osušení jsou vidět stopy oleje v místě trhlinek.

Kontrola akustická (poklepem) – je další jednoduchou zkouškou, při níž není potřeba žádné zvláštní měřící zařízení a navíc je tato kontrola velmi účinná. Je známo, že prasklý talíř, sklenice, zvon, vydává při úderu úplně jiný tón, jako pokud by tyto předměty byly v pořádku. Na tomto principu je založena i **metoda akustická.** Poklepem kladívka rozpoznáme výrobek dobrý od výrobku s vadou, navíc máme většinou možnost srovnání více výrobků. Pro zlepšení poslechu se užívá **lékařského stetoskopu.**

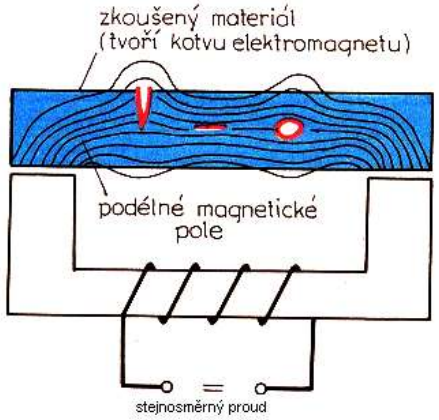
Zkoušky elektromagnetické tyto zkoušky je možné použít pouze u f**eromagne-tických** materiálů, kterým magnetické siločáry procházejí téměř bez odporu, ale velmi nesnadno vzduchem nebo plynem.. Podstatou je, že vytvořením magnetického pole, které prochází kontrolovanou součástí se vytvoří siločáry, které pokud je materiál bez vad prochází bez vychýlení materiálem. V místě, kde je vada jsou siločáry vychýleny, zakřiveny a zhuštěny. V místě trhlin se na součásti vytvoří magnetické póly. Předmět polijeme tzv. **detekční kapalinou,** což bývá nejčastěji směs oleje+petroleje ve které je rozptýlen jemný ocelový prášek. Prášek je ovlivněn magnetickými siločarami, které kopíruje. Takže pokud je v materiálu vada, vytvoří zrníčka prášku stejné zakřivení, jaké mají magnetické siločáry v místech magnetických pólů – v místech povrchových vad. Pokud leží vady pod povrchem, je vada zjistitelná tím lépe, čím blíže pod povrchem leží.

Vyšetření podélných vad. Zkoušenou součást připojíme na sekundární vinutí transformátor, připojeného na střídavý proud. **Střídavý proud** způsobuje **kruhové magnetické siločáry**, kterým bude při průchodu kovem překážet vada rovnoběžná s podélnou osou materiálu - takže **střídavým proudem zjišťujeme vady podélné**. Příčná vada by nebyla rozeznatelná téměř vůbec, protože její směr je rovnoběžný s magnetickými siločarami.



Obr. 34 **Schéma povrchové zkoušky – vyšetření podélných vad**

Vyšetření příčných vad. Vady příčné zjišťujeme podobně, připojení zkoušeného předmětu je však stejné, jako by se jednalo o **kotvu elektromagnetu**. Cívka, která je na jádru tvaru **písmene U**, je připojena na **zdroj stejnosměrného** proudu, který protéká **kotvou – měřenou součástí** ve směru její podélné osy. Z toho plyne, že v cestě podélným siločárám budou stát tentokrát příčné vady. Vady podélné nejsou vidět vůbec nebo jen obtížně. Nevýhodou této metody, která využívá stejnosměrný proud je, že dojde ke zmagnetizování měřené součásti, kterou musíme po zkoušce **odmagnetizovat.** Pro odstranění tohoto problému byly vyvinuty



elektromagnetické defektoskopy, které jsou schopny kombinovat oba směry magnetizace a zjišťovat tak oba směry vad.

Obr. 35 **Schéma povrchové zkoušky – vyšetření příčných vad**

Zkouška fluorescenční metodou
Tato metoda slouží u nemagnetických materiálů. Zkoušená součást se ponoří do fluorescenční kapaliny nebo se jí potře. Po určité době se opláchne a osuší. Pa se posype plavenou křídou. Pokud jsou v předmětu trhliny, kapalina vlivem vzlínavosti začne vystupovat a na křídě vzniknou obrazy trhlin. Další možnost je ozářit součást UV (ultrafialovým) zářením. Vady jsou vykresleny daleko ostřeji.

Obr. 36 **Postup při zkoušce fluorescenční metodou**

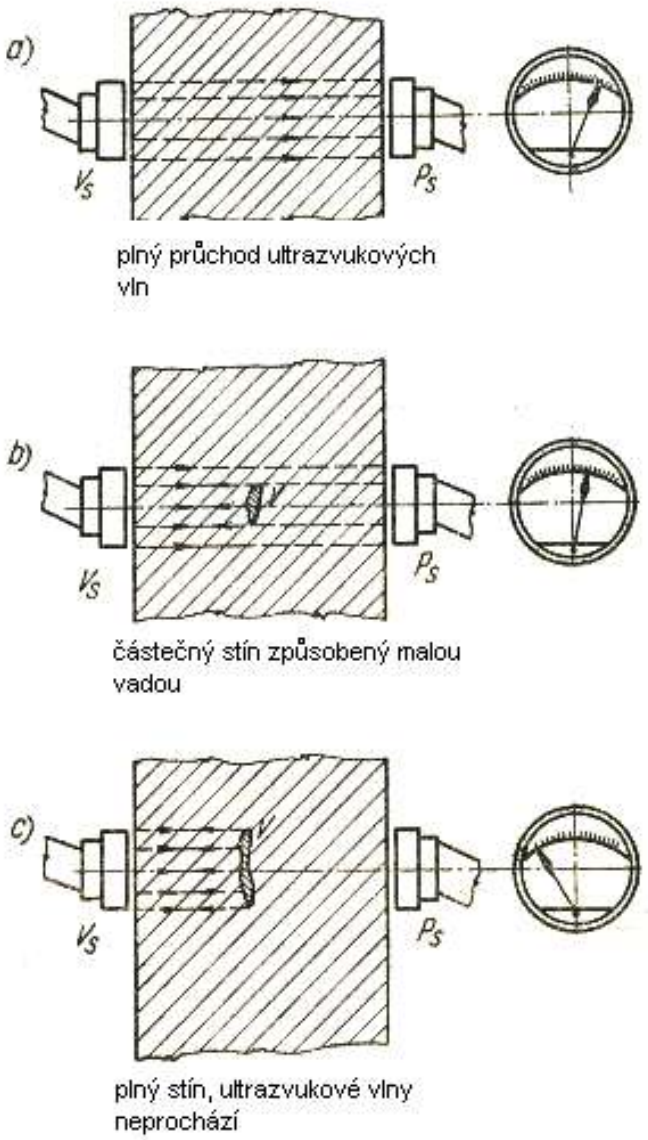
2.3.2 Zkoušky vnitřních vad (neviditelných vad)

Neviditelné vady jsou nebezpečnější pro pevnost a životnost strojních součástí jako vady povrchové, které se dají odstranit např. obráběním nebo opravit navařením. Tyto vady vznikají většinou přímo při výrobě tekutých kovů, při výrobě polotovarů ve válcovnách nebo při svařování těchto polotovarů. Jsou to například **praskliny, dutiny, bubliny, póry, staženiny a mikrostaženiny, řediny, nekovové vměstky, broky, vady struktury** a další.
Ke zjišťování vad vnitřních existuje několik spolehlivých metod, mezi které patří **zkoušky ultrazvukem, zkouška prozařováním RTG paprsky, zářením paprsky gama.**

Zkoušky ultrazvukem
Ultrazvuk jsou pro lidské ucho neslyšitelné zvukové vlny. Jsou to zvukové vlny o kmitočtu větším jak 20 000 Hz. Pro zkoušení materiálů se užívají kmitočty 1 – 15 MHz. Pro zjišťování vnitřních vad materiálů se užívají dvě metody. **Metoda průchodová a metoda odrazová.**

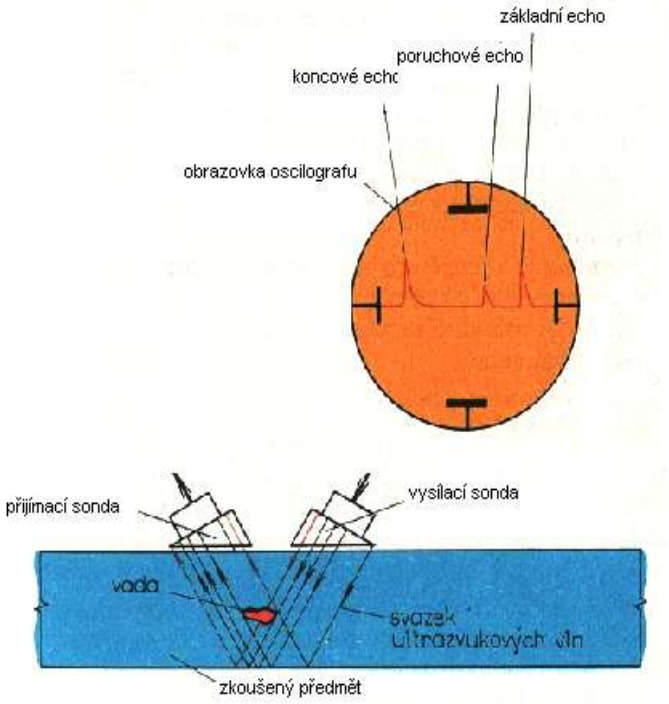
Tyto metody jsou založeny na tom, že ultrazvukové vlny procházejí homogenním materiálem. Pokud narazí na překážku např. v podobě bubliny, odrazí se od její stěny a vrací se zpět.

Zkušební metoda průchodová je založena na průchodu ultrazvuku materiálem, kdy **vysílací a přijímací sonda** je každá na **jiné** straně materiálu. Vysílací sonda vysílá ultrazvukové vlny, které procházejí materiálem přímočaře a dopadají na přijímací sondu, která musí být umístěna přesně proti sondě vysílací. Pokud je v materiálu vada, lze možno velmi přesně určit její velikost i polohu z akustického stínu, který vnikne tím, že malá část vln nebo celý svazek neprojde materiálem, ale odrazí se zpět k vysílači od vady. Přijímací sonda pak registruje jen málo průchozích vln.



Obr. 37 Schéma průchodové metody

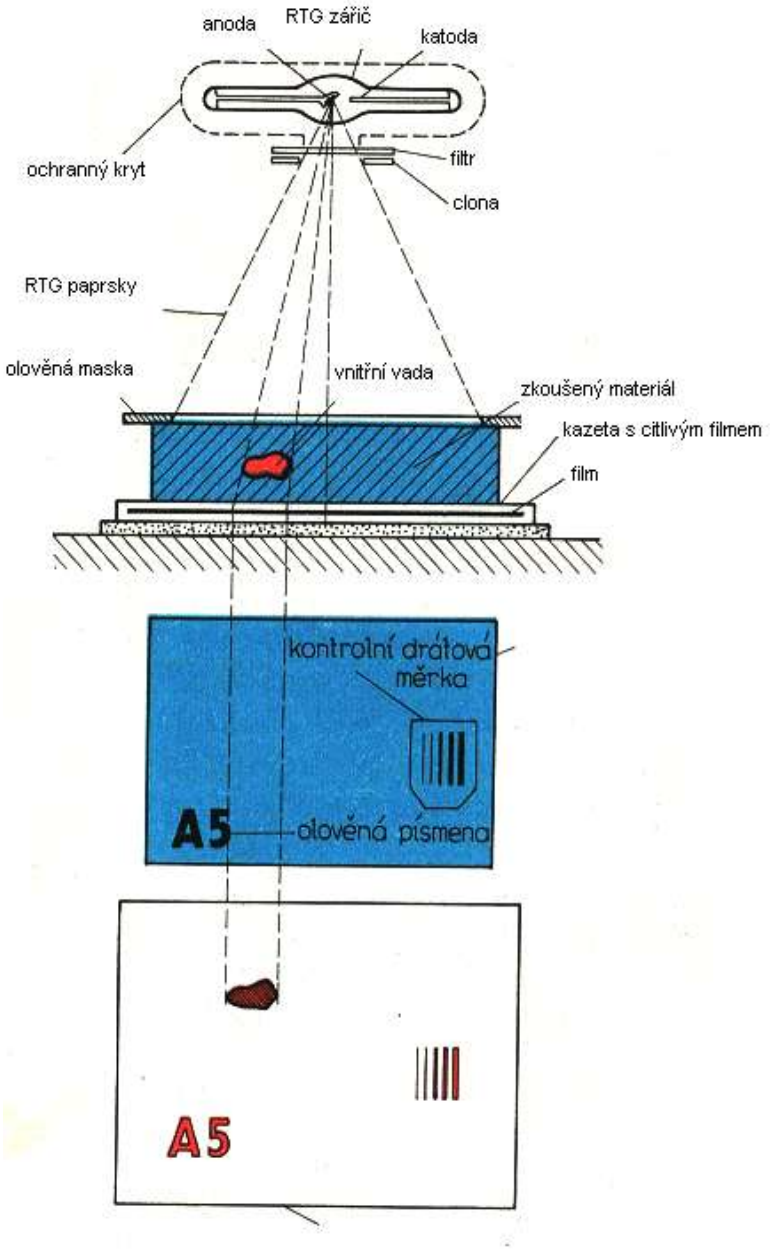
Metoda odrazová se liší tím, že jsou obě sondy umístěny na stejné straně materiálu. Sondy jsou skloněny pod určitým úhlem, aby svazek vln z vysílací sondy směřoval po odrazu od povrchu materiálu do přijímací sondy.
Sonda vysílací vyšle svazek vln, ty projdou celou tloušťkou materiálu, odrazí se od protější strany materiálu a po odrazu dopadnou do přijímací sondy. Pokud je v materiálu vada odrazí se od ní vlny dřív a dopadnou do přijímací sondy s předstihem nebo část vln se od vady odrazí mimo přijímací sondu. Na obrazovce oscilografu se zobrazuje normální stav materiálu ve formě **základního a koncového echa.** Pokud je v materiálu vada zobrazí se mezi **základním** a **koncovým echem echo poruchové.**



Obr. 38 Schéma odrazové metody

Zkoušky rentgenovými paprsky
Tato metoda je založena na průchodu RTG paprsků kovovými materiály, které zeslabují jejich účinek. Pokud je v materiálu vada (bublina nebo vměstek), není záření v tomto místě tolik zeslabeno, protože hustota vady je menší jako u základního kovu. Proto se při prozařování RTG paprsky projeví vada v materiálu tmavou skvrnou na světlejším pozadí.
Princip zkoušky je zřejmý z obrázku. Rentgenová lampa vysílá přes filtr a clonu svazek paprsků na zkoušenou součást. Pod součástí je kazeta s rentgenovým filmem citlivým na toto záření. Část součásti, která nemá být ozářena je stíněna olověnou maskou. Na horní plochu prozařované součásti se přikládá kvůli porovnání velikosti vady **drátová měrka,** kde jsou odstupňovány různé průměry drátků, které se také na filmu promítnou jako bílé čáry. Kromě toho se mohou ještě součásti značit pomocí olověných písmen a značek. Rentgenové záření se používá do tloušťky materiálu asi 75 mm, u dalších kovů podle poměru jejich hustot s ocelí.

Obr. 40 Drátová měrka



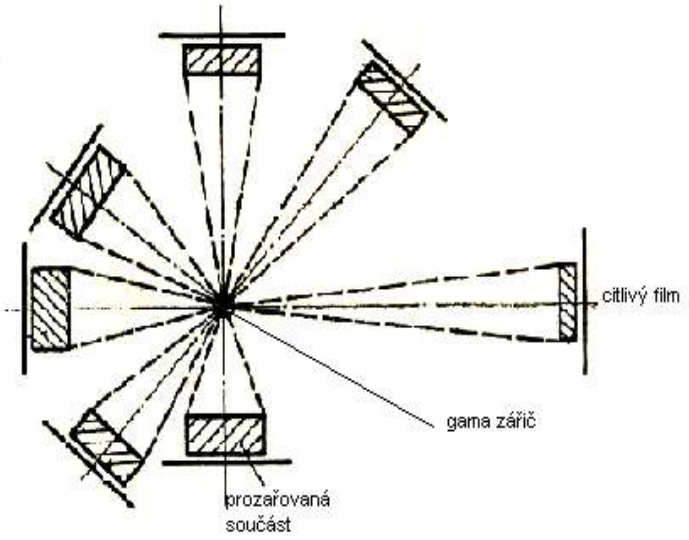
Obr. 39 schema zkoušky rentgenem

Zkoušky gama zářením

Gama záření je elektromagnetické vlnění vznikající rozpadem některých **radioaktivních prvků.** Pro strojírenské účely se užívá např. **thalium 170, iridium 192, radioaktivní kobalt Co60** a další. Tělíska vydávající záření jsou ve tvaru válečků a vkládají se do pouzder z lehkých slitin. Tyto slitiny zachycují záření α a β, která vyzařují z válečků spolu se zářením gama. Princi této zkoušky je podobný jako u zkoušky zářením RTG.

Touto metodou je možno provádět prozáření i několika součástí najednou, pokud je vhodně uspořádáme kolem zářiče. Touto metodou se také kontrolují svary potrubí.

Vzhledem k tomu že RTG záření i záření gama mají škodlivý vliv na živé organismy, je nutné, aby obsluha zkušebních zářičů i pracovníci, kteří přicházejí do styku s radioaktivními látkami musí dodržovat přísné bezpečnostní předpisy, které jsou popsány v příslušných normách.



Obr. 41 rozmístění součástí při snímkování gama zářením

Shrnutí:

- V této kapitole jsme se seznámili se zkouškami materiálů, jejich rozdělením a průběhem.
- Zkoušky dělíme na **mechanické a technologické** – p**odle druhu ověřovaných vlastností** a na zkoušky **s porušením materiálu – destruktivní** a **bez porušení materiálu – nedestruktivní neboli defektoskopické.**
- Mechanické zkoušky dále dělíme na **statické a dynamické,** dále na **zkoušky mechanických vlastností** a na **zkoušky tvrdosti.**
- **Tahová zkouška** je nejdůležitější zkouškou statickou, **rázová zkouška ohybem** je nejdůležitější zkouška rázová. Naučili se **vztahy Hookova zákona** a výpočet **vrubové houževnatosti.**
- Zkoušky bez porušení materiálu dělíme na zkoušky vad vnějších a vnitřních a známe rozdíl mezi zkouškou ultrazvukem, rentgenem a zářením gama, kterými zjišťujeme vnitřní vady.
- **Technologickými zkouškami** u materiálů a polotovarů prověřujeme ty druhy namáhání, kterými budou zatěžovány v průběhu provozu.

Otázky a úkoly:

1. Jaké znáte mechanické vlastnosti?
2. Vyjmenujte druhy mechanických zkoušek.
3. Popište tahovou zkoušku, nakreslete tahový diagram s vyznačením mezí a napište vztahy Hookova zákona.
4. Popište ostatní druhy mechanických zkoušek.
5. Vyjmenujte druhy zkoušek tvrdosti a popište jednotlivé druhy.

6. Popište zkoušku Charpyho kladivem.
7. Vyjmenujte a popište, případně načrtněte některé technologické zkoušky, např. zkoušky trubek, kovatelnosti.
8. Vyjmenujte a popište defektoskopické zkoušky povrchových vad.
9. Vyjmenujte a popište zkoušky vad vnitřních.
10. Popište zkoušku ultrazvukem a rentgenem, jaké jsou mezi nimi rozdíly.

3. VÝROBA SUROVÉHO ŽELEZA

CÍLE:

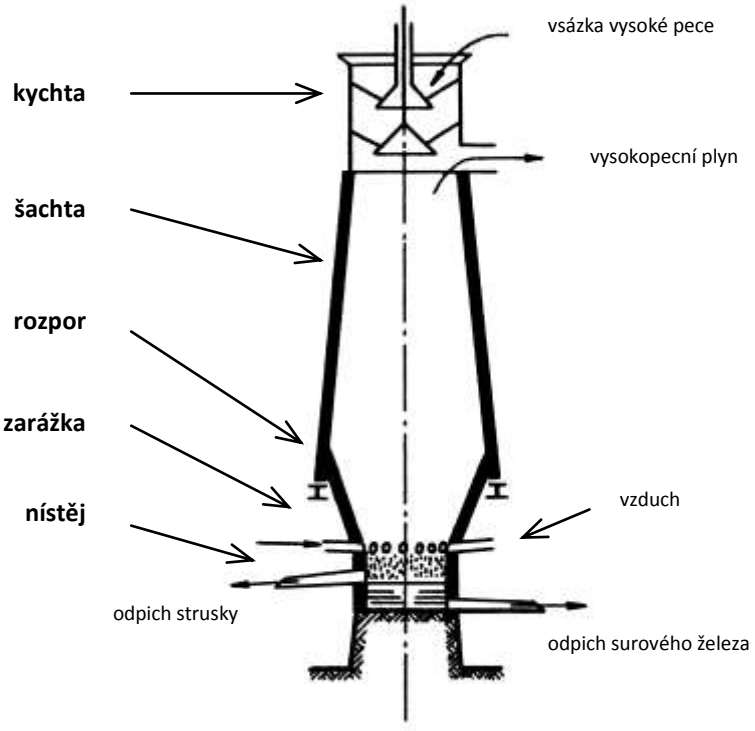
Po prostudování této kapitoly:
- Pochopíte pojem surové železo a jeho použití v technické praxi.
- Budete znát, jakým způsobem se vyrábí a k čemu jej používáme.
- Dále pochopíte pojmy jako vsázka a produkty vysoké pece.

SUROVÉ ŽELEZO

Surové železo je slitina železa (Fe) a uhlíku (C), ve které jsou i mangan (Mn), křemík (Si), fosfor (P), síra (S) a další prvky. Obsahuje 3-4% uhlíku což způsobuje, že není kujné, dá se jen odlévat. Surové železo se vyrábí ve vysoké peci tavením železné rudy. Podle složení vsázky vysoké pece a postupu tavby dělíme surová železa na:
Ocelářské surové železo, které se dále zpracovává na oceli procesem zkujnění v tekutém stavu - viz kapitola 4.
Slévárenské surové železo, které se dále zpracovává na litiny - viz kapitola 5.

3.1 VYSOKÁ PEC

Je technické zařízení zajišťující výrobu surového železa pomocí složitého technologického procesu. Je to hruškovitá 60 m vysoká nádoba (obr. 43) s ocelovým pláštěm, která má ve spodní části **nístěj**.



Obr. 42 **Schéma vysoké pece s popisem**

Nístěj slouží jako nádoba, kde se pří tavení ve vysoké peci shromažďuje surové železo a strusku. Horní část pece se nazývá **kychta** a slouží pro závoz vsázky a odvod vysokopecního (kychtového) plynu. Následuje kuželovitá **šachta,** ve které se zvětšuje objem vsázky v důsledku rostoucí teploty a dochází k redukčnímu procesu. Nejširší místo vysoké pece se nazývá **rozpor**. Ve spodní části vysoké pece je zúžená **zarážka**. Ve vysoké peci je vysoký žár (2000 °C), proto musí být pec uvnitř vyzděna šamotovými cihlami a z vnější strany chlazena vodou. Provoz vysokých pecí je nepřetržitý (kontinuální) po dobu až jednoho roku. Surové železo a struska se se musí pravidelně vypouštět po 6-8 hodinách. Tento proces se jmenuje **odpich** surového železa nebo odpich strusky.
Výroba surového železa spočívá v tavení železných rud pomocí paliva a přísad. Tyto materiály nazýváme **vsázka vysoké pece.**
Na druhé straně jsou **produkty vysoké pece,** což jsou materiály, které tavbou získáváme. Nejdůležitějším produktem je surové železo, následuje struska a vysokopecní plyn.

3.2 VSÁZKA VYSOKÉ PECE

Vsázku vysoké pece tvoří:

- železná ruda,
- palivo,
- struskotvorné přísady,
- vzduch.

Železná ruda
je přírodní látka v podstatě oxid železa. Nejznámějšími přírodními látkami jsou magnetovec (má nejvyšší obsah železa až 70%), krevel, hnědel, ocelek a jiné. Před zavezením rudy do vysoké pece probíhá její úprava drcením, tříděním, pražením, spékáním. Tento proces nazýváme **aglomerace.** Železné rudy se u nás netěží, hutnické firmy je nakupují v zahraničí.

Palivo
je zdrojem tepla a uhlíku při tavbě ve vysoké peci. Jako palivo se používá hutnický koks, který se vyrábí při teplotě přibližně 1000 °C spalováním bez přístupu vzduchu. Tomuto procesu říkáme **karbonizace**. Nejstarším palivem používaným při výrobě surového železa je dřevěné uhlí, dnes se již nepoužívá.

Struskotvorné přísady
jsou směsi, které mají čistící funkci a zbavují železo nežádoucích látek. Nejvýznamnější složkou této směsi je vápenec. Struskotvorné přísady ovlivňují vlastnosti vytaveného surového železa a jejich složení také závisí na druhu tavených rud.

Vzduch
je důležitý pro správnou funkci vysoké pece. Vzduch obsahuje kyslík, který je potřebný pro hoření paliva. Vzduch do vysoké pece vháníme pomocí dmychadel nebo turbodmychadel pomocí větrovodů a výfučen. Další úpravou vzduchu je předehřívání v ohřívačích vzduchu (Cowperův ohřívač).

3.3 PRODUKTY VYSOKÉ PECE

Produkty vysoké pece jsou:

- surové železo,
- vysokopecní plyn,
- struska.

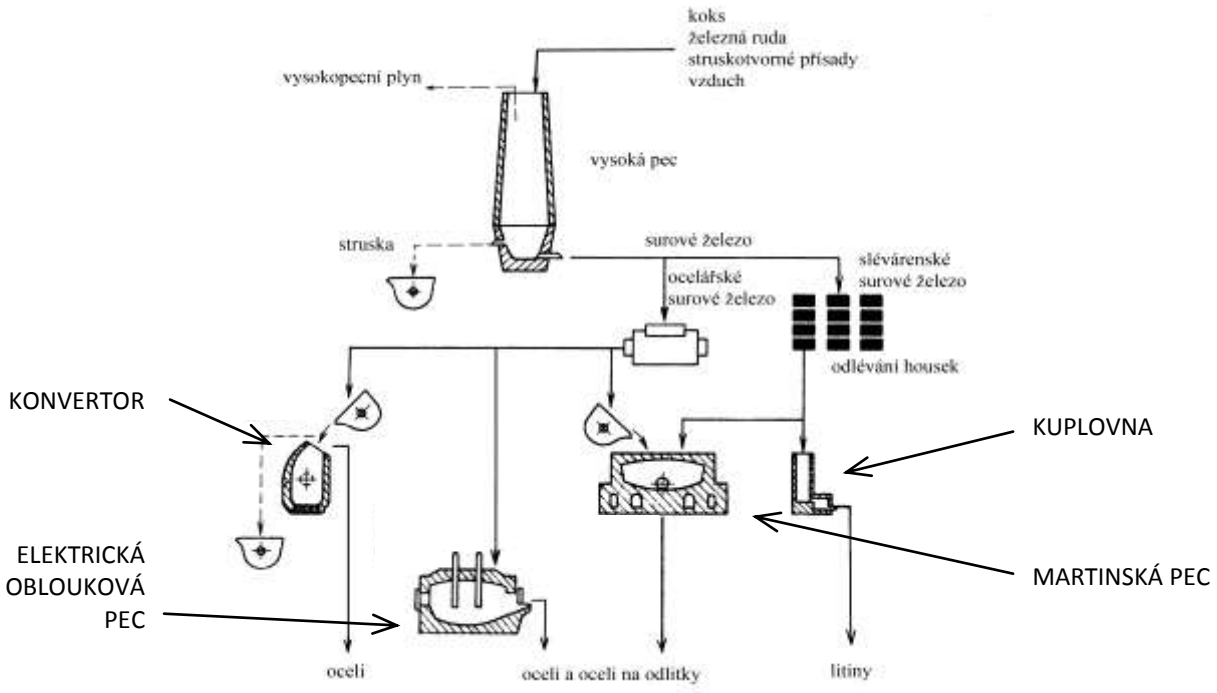
Surové železo
je hlavním produktem vysoké pece. Je to slitina železa a uhlíku, obsahuje 3-4% uhlíku a vypouští se buď do velkých pojízdných pánví, v nichž se dopravuje do oceláren nebo se odlévá do tzv. housek nebo ingotů určených k dalšímu zpracování ve vzdálených ocelárnách. Surové železo se dělí na ocelářské a slévárenské obr. 2.

Vysokopecní plyn
je cenné palivo obsahující mimo jiné výhřevný oxid uhelnatý a vodík. Využívá se především u pece samé na předehřívání vzduchu. Zbytek plynu, přibližně 60%, slouží na další využití například na výrobu elektrické energie nebo jako topný plyn pro teplárny.

Struska
vytéká z pece kontinuálně nebo v kratších intervalech. Struska plave na roztaveném surovém železe a ochraňuje ho pře oxidací. Struska se dále zpracovává na umělý hutní kámen, pomalu tuhnoucí pojiva (cementy) a struskové vlny.

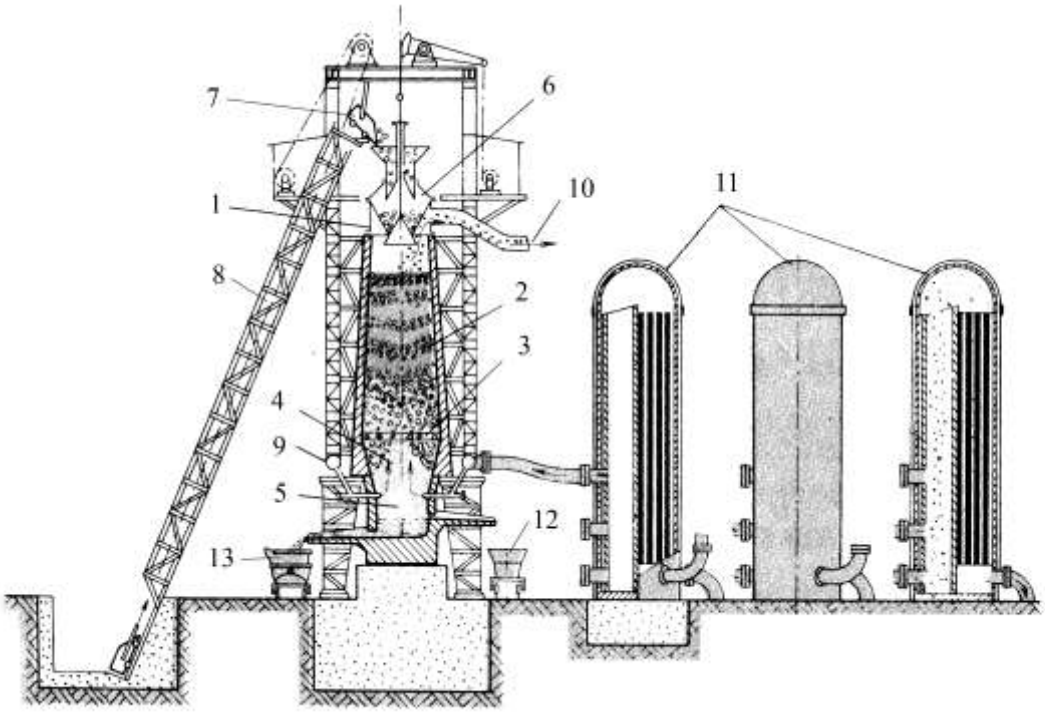
Příklady z praxe

Na následujících obrázcích je znázorněna výroba surového železa z vsázky vysoké pece a následné procesy výroby oceli, litiny a ocelolitiny. Na obrázku je vidět jaká technická zařízeni se při výrobě používají.



Obr. 43 **Schéma výroby surového železa jejího následného zpracování**

Obr. 44 **Vysoká pec jako celek**



1 sazebna
2 šachta
3 rozpor
4 nístěj
5 závěr
6 závěr
7 zakládací vozík
8 výtah na sazbu
9 větrovod s výfučnami
10 vysokopecní plyn
11 ohřívače vzduchu
12 vozík se struskou
13 licí pánev se surovým železem

Shrnutí

- Surové železo se vyrábí ve vysokých pecích obr. 3 různé konstrukce a velikosti. Samotná výroba železa se provádí tavením rudy (hnědel, krevel, ocelek).
- Surové železo se hromadí ve spodní části vysoké pece a nad jeho povrchem je vrstva strusky. Struska je část roztavené horniny a vápencovitých přísad, která se vypouští (odpichuje) jako první.
- Struska se využívá ve stavebnictví.
- Surové železo se vypouští buď do pískových polí, kde se nechává ztuhnout v housky nebo se tekutá vlévá do pojízdných pánví, které se dopravují do ocelárny k dalšímu zpracování.
- České republice se vysoké pece nachází v Třinci a v Ostravě - ArcelorMittal.

Otázky a úkoly:

1. Co se vyrábí ve vysokých pecích?
2. Vyjmenujte některé železné rudy, ze kterých se vyrábí surové železo.
3. Co jsou to struskotvorné přísady a co zajišťují?
4. Koks je vsázka nebo produkt vysoké pece?
5. Jaké úpravy provádíme se vzduchem, který používáme pro vysokou pec?
6. Kde se usazuje struska?
7. Na co se používá surové železo?
8. Co je to odpich a co se odpichuje?

4. VÝROBA A ZNAČENÍ OCELI

CÍLE:

Po prostudování této kapitoly:
- Pochopíte pojem ocel a její použití v technické praxi.
- Budete znát, jakým způsobem se vyrábí a k čemu jí používáme.
- Dále pochopíte pojmy jako elektrická oblouková pec, martinská pec, konvertory apod.
- Budete znát rozdělení a číslování ocelí.

4.1 VÝROBA OCELI

Ocel se vyrábí se surového železa procesem, který se nazývá zkujňování a probíhá spalováním uhlíku a odstraňováním ostatních škodlivých prvků obsažených v surovém železe (křemík, mangan, síra,fosfor). Obsah uhlíku v ocelích je maximálně 2,14%. Na ocel se zpracovává až 90% vyrobeného surového železa. Snižování prvků procesem zkujňování znázorňuje tabulka - obr. 45.

Prvky	Obsah v surovém železe před zkujňováním	Obsah v oceli
uhlík C	4,3%	0,5%
mangan Mn	2,5%	0,7%
křemík Si	1,4%	0,3%
fosfor P	0,3%	0,1%

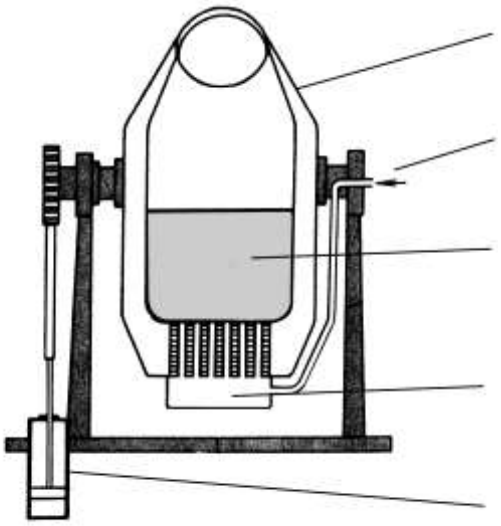
Obr. 45 **Redukce prvků procesem zkujňování**

Výroba ocelí (proces zkujňování) probíhá v následujících zařízeních:
- výroba v konvertorech
- výroba v martinských pecích
- výroba v elektrických pecích
- výroba ve vakuu

4.1.1 Výroba v konvertorech

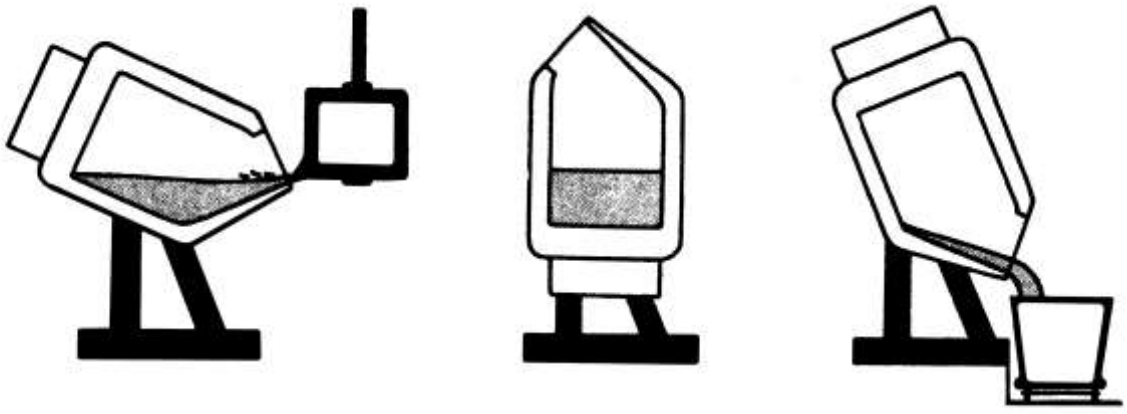
Konvertor je nádoba hruškovitého tvaru (obr. 46) zhotovená z ocelového plechu, uvnitř je vyzděná žáruvzdornými cihlami a sklopná kolem vodorovné osy. Vyzdívka konvertoru je kyselá nebo zásaditá. Podle technologie uplatněné při výrobě oceli dělíme konvertory na:
- kyslíkový konvertor,
- Thomasův konvertor,
- Bessemerův konvertor.

Ve velkých ocelárnách se na místo konvertorů používají válcové mísiče, které jsou vytápěny vysokopecním plynem.



Obr. 46. **Konstrukce konvertoru**

Výroba ocelí v konvertorech je náročná, ale jejich výrobnost je vysoká. Bohužel se zde nedají vyrábět slitinové oceli (legující prvky se spalují s uhlíkem). Výroba v kyslíkových konvertorech je automatizována.

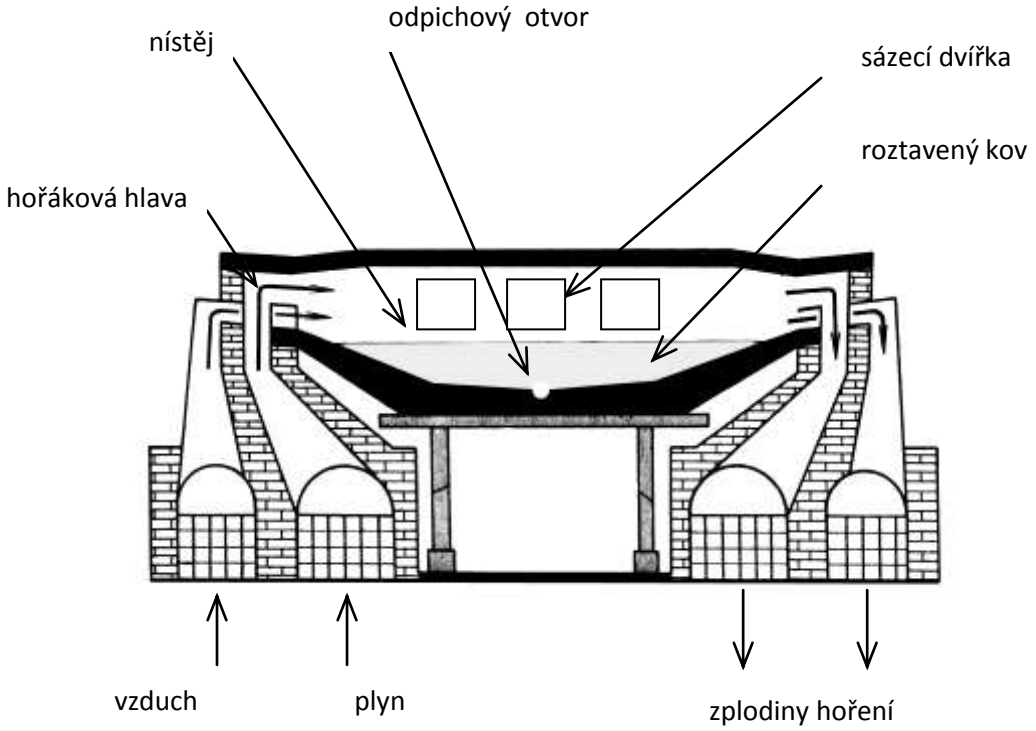


vsázka surového železa | pracovní poloha | odlévání oceli

Obr. 47. **Výroba oceli v konvertoru**

4.1.2 Výroba v martinských pecích

Martinská pec (obr. 48) je nádoba, která má v přední části několik sázecích dveří pro vsázku (surové železo, šrot). V nejnižší části je umístěn odpichový otvor. Martinská pec se vyrábí jako pevná nebo sklopná.



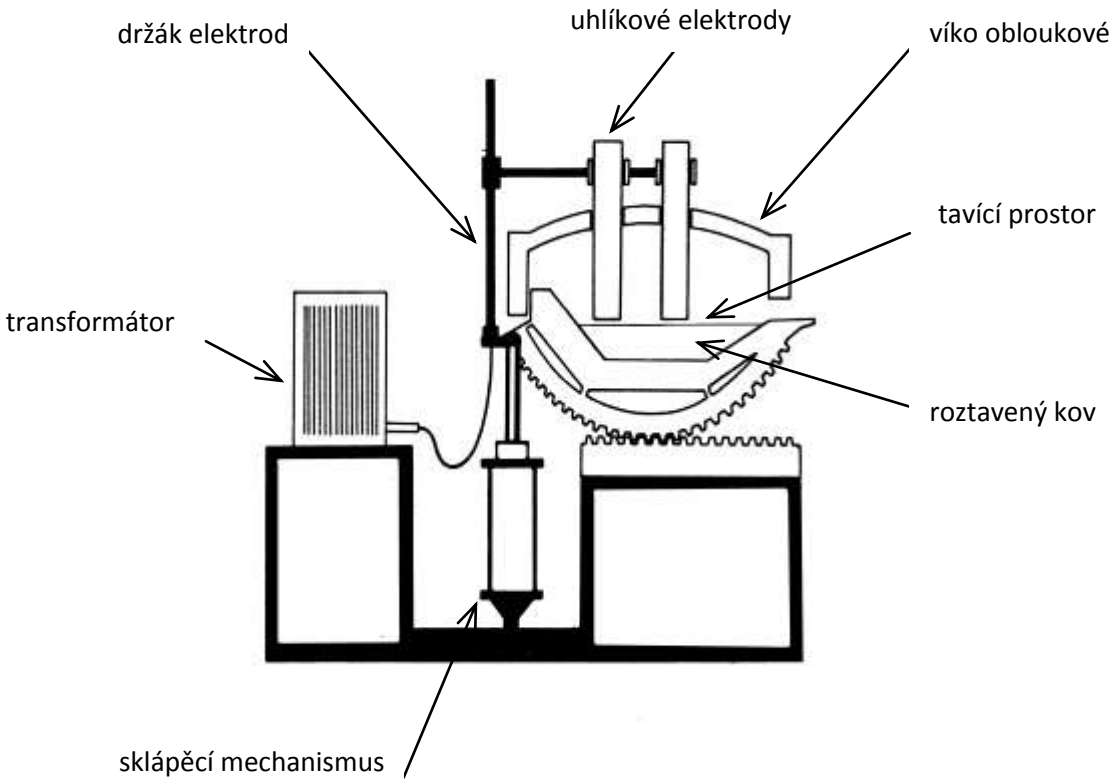
Obr. 48 **Schéma martinské pece**

Při zkujňování se odstraňují škodlivé prvky a velkou výhodou martinských pecí je, že se lázeň neobohacuje dusíkem ze vzduchu neboť je chráněna struskou. Tyto pece jsou vhodné i pro výrobu ušlechtilých ocelí.

4.1.3 Výroba v elektrických pecích

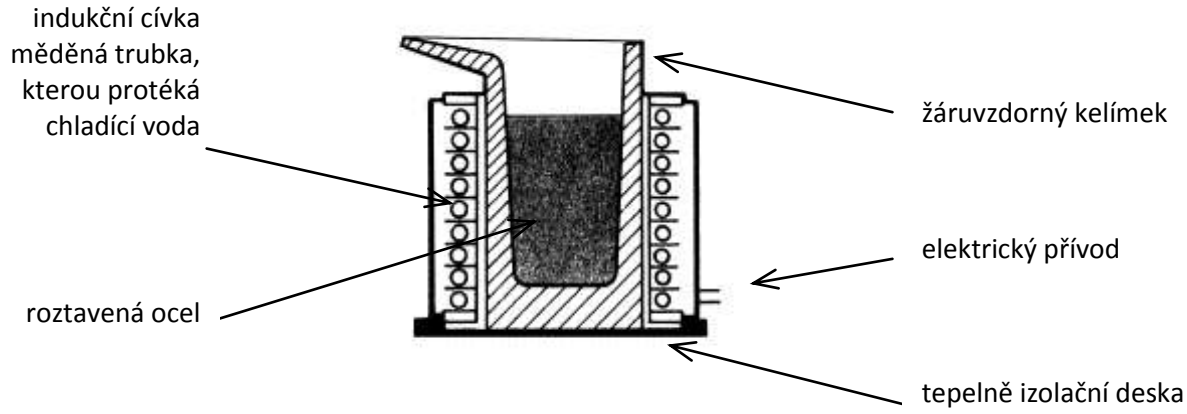
Elektrické pece dělíme ne **obloukové a indukční.**

Obloukové pece obr. 49 jsou jedny z nejuniverzálnějších pro výrobu ocelí. Vyrábí se v různých velikostech a mohou zpracovávat surové železo, ale i samotný pevný ocelový odpad. Zdrojem tepla je hořící elektrický oblouk. Výroba v el. obloukových pecích je dobře mechanizována i automatizována. Další výhodou je možnost přerušit provoz pece a doplnit tak potřebný materiál pro tavbu.



Obr. 49 **Schéma elektrické obloukové pece**

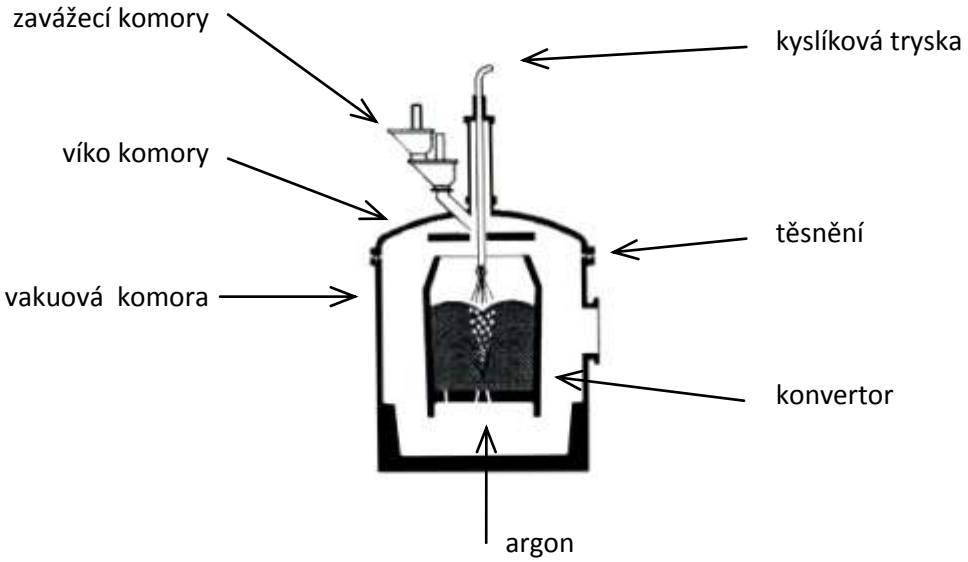
Indukční pece (obr. 50) jsou tvořeny indukční cívkou, ve které je umístěn kelímek. Výhodou těchto pecí je velká rychlost tavení a maximální využití slitinových prvků, snadná údržba a jednoduché ovládání. Výroba ocelí v indukčních pecích je vhodná pro vysokolegované oceli (nerezavějící a rychlořezné).



Obr. 50 **Schéma elektrické indukční pece**

4.1.4 Výroba ve vakuu

Snaha po dosažení větší čistoty oceli než je možno dosáhnout jakýmkoliv popsaným pochodem vede k novým způsobům její výroby. Tavení ve vakuu se uplatňuje jen při výrobě drahých slitinových ocelí. Pro ohřev se používá indukční pec která je uzavřena ve vakuové komoře. Ta nedovolí přístupu škodlivých prvků do oceli. Tato výroba je velice nákladná a používá se pro výrobu speciálních ocelí.



Obr. 51 **Schéma výroby oceli ve vakuu**

4.2 ZNAČENÍ OCELÍ

Značení ocelí je předepsáno normou. Jednotlivé tyče trubky nebo plechy jsou při výrobě označeny **barevnou značkou**, která je na každém kusu polotovaru buď na čele tyčí nebo na konci polotovaru (u trubek nebo plechů). Barevná značka je kombinace barevných pruhů.

Kromě barevného značení se používá **číselné značení.** Číselná značka oceli je složena ze **základní číselné značky - pěti nebo šestimístné.** Tato značka může být doplněna značkou **doplňkových číslic** - dvoumístná značka, která je od základní značky oddělena tečkou.

Číselná značka ocelí, které jsou **vhodné k tváření** je složena **z pěti čísel**. Značka má tento tvar: 1x xxx nebo 1x xxx.xx s doplňkovou značkou.
Číselná značka ocelí, které jsou **vhodné k slévání** – tzv. **oceli na odlitky** je složena **z šesti čísel**. Značka má tento tvar: 42 xxxx nebo 42 xxxx.xx s doplňkovou značkou.

Čtení značky: např. ocel **11 373** čteme **jedenáct tři sta sedmdesát tři**
ocel značky např. **42 2792** čteme **čtyřicet dva dvacet sedm devadesát dva**.

4.2.1 Oceli k tváření

Oceli k tváření je název pro takzvané kujné železo.

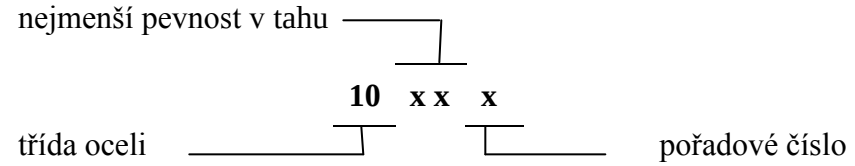
Podle užití v praxi tyto oceli dělíme na **konstrukční** a **nástrojové.** Z konstrukčních oceli se vyrábí strojní součásti (šrouby, ložiska, hřídele), z ocelí nástrojových se vyrábí obráběcí nástroje (vrtáky, soustružnické nože, frézy).

Podle chemického složení dělíme tyto oceli oceli na **uhlíkové** (hlavním legujícím prvkem je uhlík) a **slitinové** (kromě uhlíku jsou oceli legovány ještě dalšími prvky jako Cr, Mn, Ti, V, Si atd.

Oceli k tváření členíme na tzv. **třídy jakosti: 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 a 19.**

První číslice pětimístné značky – **1** říká, že se jedná o kujnou ocel – **vhodnou k tváření**
První a druhá číslice značky (**10, 11 ….)** udává třídu jakosti oceli.
Třetí a čtvrtá číslice značky má různý význam u každé třídy oceli – je popsáno dál.
Pátá číslice značky je tzv. **číslice pořadová.** Touto číslicí se rozlišují jemněji oceli pokud mají stejný obsah uhlíku nebo jiného prvku nebo u ocelí 19 způsob výroby oceli.

- **Oceli třídy 10 – oceli konstrukční, uhlíkové obvyklých jakostí**



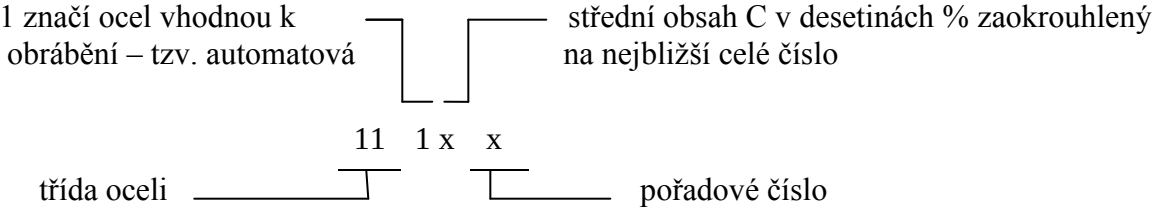
Obr. 52 **Význam číslic ve značce ocelí třídy 10**

U těchto ocelí není zaručené přesné chemické složení proto ani proto ani mechanické a technologické vlastnosti nejsou zaručené. Obsah uhlíku – C bývá nízký, jsou dobře svařitelné. Užívají se jako výztuže do betonu, na nýty, dráty a méně namáhané šrouby.

- **Oceli třídy 11 – oceli konstrukční, uhlíkové obvyklých jakostí**

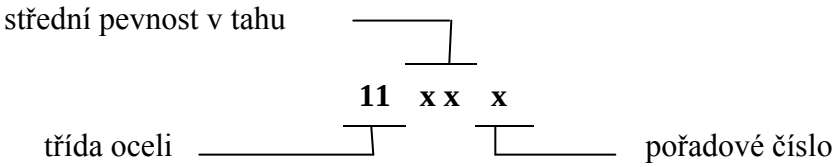
Význam třetí a čtvrté číslice se u ocelí třídy 11 posuzuje dvěma způsoby

a) na třetím místě je číslo 1



Obr. 53 Význam číslic ve značce ocelí třídy 11

b) na třetím místě je jiné číslo než 1, potom se třetí i čtvrtá číslice značí

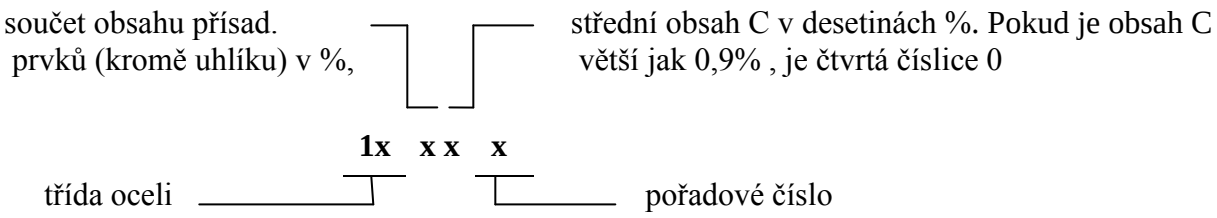


Obr. 54 **Význam číslic ve značce ocelí třídy 11**

Oceli třídy 11 mají na rozdíl od ocelí třídy 10 zaručené předepsané chemické složení a z toho plyne, že mají i zaručené mechanické vlastnosti. Jsou nejpoužívanější třídou konstrukčních ocelí. Vyrábí se z nich plechy, trubky, profily, dráty atd.
Pro představu uvádíme příklady nejčastěji používaných ocelí třídy 11. Jsou to 11 320, 11 373, 11 500, 11 600 z nichž se vyrábí šrouby, matice, čepy a další spojovací materiál, hřídele, méně namáhaná ozubená kola, pístní tyče atd. U některých ocelí této třídy se dá zvýšit pevnost v tahu až na 800 - 900 MPa tepelným zpracováním - **zušlechťováním**.

Oceli třídy 12 – oceli konstrukční, ušlechtilé uhlíkové
Oceli třídy 13 - 16 – oceli konstrukční, ušlechtilé, slitinové
Oceli tříd 13 – 15 podle stupně legování označujeme jako nízkolegované.
Oceli třídy 16 podle stupně legování označujeme jako nízko a středně legované.

Význam jednotlivých číslic číselné značky u ocelí třídy 12 – 16 se posuzuje stejně.



Obr. 55 **Význam číslic ve značce ocelí třídy 12 - 16**

- **Oceli třídy 12 - konstrukční, ušlechtilé, uhlíkové** mají lepší čistotu než oceli třídy 11, jejich hlavním přísadovým prvkem je uhlík – C, ostatní prvky, jako např. Mn nebo Si jsou obsaženy jen ve velmi malém množství. Obsah C je u jednotlivých druhů v rozsahu od 0,06 – 0,9% a podle toho jsou rozděleny do skupin pro určité druhy tepelného a chemicko-tepelného zpracování.

Oceli s obsahem C od 0,06 do 0,2% jsou vhodné k chemicko-tepelnému zpracování – **cementování** (nasycení povrchu uhlíkem – C) a **následnému kalení** (ohřev na kalící teplotu a následné rychlé ochlazení – kalením vznikne tvrdá struktura materiálu). Oceli s obsahem C menším jako 0,2% nelze kalit. Obsah C v povrchové vrstvě zvýšíme cementováním. Následným zakalením pak vznikne tvrdá povrchová vrstva a jádro zůstane měkké, houževnaté). Tyto oceli se užívají k výrobě hřídelů a ozubených kol.
Oceli s obsahem C od 0,25 do 0,7% jsou vhodné k tepelnému zpracování - **zušlechťování** Zušlechťování = kalení + následné popouštění (popouštění je ohřev na teplotu cca 550-650

°C, ochlazení bývá většinou ve vodě nebo na vzduchu. Vyrábí se velmi namáhané strojní součásti namáhané i rázovým zatížením jako jsou ojnice, páky, součásti turbokompresorů.
Oceli s obsahem C od 0,4 do 0,6 % jsou vhodné k tepelnému zpracování – **povrchovému kalení** - povrch materiálu je po tomto tepelném zpracování tvrdý, jádro zůstává houževnaté. Vyrábí se z nich ozubená nebo řetězová kola, vačkové hřídele, měřidla, kalibry a další výrobky.

- **Oceli třídy 13 - oceli konstrukční, ušlechtilé, slitinové** jsou legované převážně Si a Mn a užívají se tam, kde oceli třídy 12 pevnostně nesplňují požadované hodnoty a oceli tříd vyšších by byly pro naše požadavky zbytečně drahé. Vzhledem k tomu, že obsahují téměř až 5% křemíku – Si, užívají se pro účely elektrotechniky jako dynamové a transformátorové plechy. Tyto plechy musí mít malé ztráty při průchodu magnetického pole (ztráty tzv. vířivými proudy), což tyto materiály legované Si splňují. Další využití nacházejí při výrobě pružin a ozubených kol – tyto oceli mají Si do 1,7% a mají zvýšenou mez únavy (vydrží opakující se dynamické namáhání).

- **Oceli třídy 14 - oceli konstrukční, ušlechtilé, slitinové** jsou legovány chrómem – Cr, manganem – Mn, křemíkem – Si. Podobně jako oceli třídy 12 se užívají k **cementování a zušlechťování.**
Oceli s vysokým obsahem Cr užívané k **cementování a následnému** kalení mají nízký obsah uhlíku – C. Jsou to například oceli 14 220 – 14 224. Vyrábí se z nich ozubená kola, součásti letadlových motorů, ojnice a další součásti.
Oceli k **zušlechťování** obsahují více uhlíku a proto je můžeme kalit do větších hloubek ne jen povrchově. Dosahují značné pevnosti – více jak 1200MPa, u některých až 1300 MPa. Užívají se pro extrémně namáhané součásti parních turbín a spalovacích motorů. Z ocelí, které obsahují kolem 1% C, se vyrábějí součásti valivých ložisek.

- **Oceli třídy 15 - oceli konstrukční, ušlechtilé, slitinové** jsou legovány těmito prvky: Cr, Mo, W, Mn, Si, V a dalšími. Z velkého počtu legujících prvků tak plyne i velké množství různých druhů a značek ocelí a velmi dobré mechanické vlastnosti těchto ocelí i při extrémních teplotách. Oceli se užívají pro výrobu součástí pro energetické stroje jako jsou součásti parních turbín, tlakové nádoby – takzvané oceli **žáropevné** (neztrácejí svoji pevnost ani mez kluzu při vysokých teplotách). Slouží i pro výrobu zařízení pro chemický průmysl. Tyto oceli mají kromě vysoké hodnoty pevnosti i vysokou mez kluzu.

- **Oceli třídy 16 - oceli konstrukční, ušlechtilé, slitinové** jsou legované převážně niklem – Ni. Nikl je legován v kombinaci s Cr, nebo Ni+V, Ni+W, nebo kombinace Ni+Mn+Cr, Ni+Cr+W+V a další varianty. Jsou dobře kalitelné do velkých hloubek, oceli s malým obsahem C jsou vhodné k **cementování** a následnému **zušlechťování.** Vyrábí se z nich nejnamáhavější součásti energetických strojů jako jsou lopatky parních turbín a turbo-kompresorů. Kromě ocelí které pracují při extrémních teplotách vysokých je v této třídě i skupina ocelí, které je možno používat za extrémních teplot nízkých.

ČSN	EN zkratka	EN číslo	EN norma	ČSN	EN zkratka	EN číslo	EN norma
11 109	11SMn13	1,0715	EN 10087	15 142	42CrMo4	1,7225	EN 10083- 1+ A1
11 301	DC03	1,0347	EN 10130+A1	15 320	21CrMoV5-7	1,7709	EN 10269
11 418	P265GH	1,0425	EN 10087	17 020	X6Cr13	1,4	EN 10088- 1,2,3
11 523	S355JOH	1,0547	EN 10025- 2	17 125	X10CrALSi13	1,4713	EN 10095
11 600	E335	1,006	EN 10025- 2	17 134	X22CrMoV12-1	1,4923	EN 10269
11 700	E3360	1,007	EN 10025- 2	17 240	X5CrNi18- 10	1,4301	EN 10269
13 180	70MN4	1,1244	EN ISO683- 17	17 241	EN 10084	1,431	EN 10088-1,2
12 023	C15E	1,1141	EN 10084	19 191	C105U	1,1545	EN ISO 4957
12 041	C40	1,0511	EN 10083-2+ A1	19 133	C7OU	1,152	EN ISO 4957

Obr. 56 **Převodní tabulka z materiálu dle ČSN na normu EU**

Oceli třídy 17 – oceli konstrukční, ušlechtilé vysokolegované (někdy jsou oceli této třídy ne úplně správně nazývány **nerez oceli**)

- **Oceli třídy 17 podle stupně legování označujeme jako středně a vysoko legované.**

Tyto oceli jsou legovány několikanásobně větším množstvím legujících prvků, jako je tomu u ocelí třídy 13 – 16. Procento přísad u některých převyšuje 60 nebo 70%. Ocelí třídy 17 je velké množství druhů a jsou to oceli, které můžeme označit jako **korozivzdorné, žárovzdorné, žáropevné a speciální.** Jsou legovány hlavně **chrómem, manganem, křemíkem, niklem, wolframem, titanem, vanadem a dalšími** ušlechtilými prvky.

Číselná značka	Význam třetí číslice ve značce
17 0 x x	Oceli legované chrómem - chrómové
17 1 x x	Oceli chrómové + další prvky Mo, Al
17 2 x x	Oceli chrómniklové
17 3 x x	Oceli chrómniklové+další prvky Ti, Nb, Mo ,V, W
17 4 x x	Oceli manganochrómové nebo manganochrómniklové
17 5 x x	Oceli niklové
17 6 x x	Oceli manganové
17 7 x x	Oceli manganoniklové
17 8-9 x x	Zvláštní kombinace prvků
Čtvrtá číslice značky vyjadřuje množství přísadových prvků. Pátá číslice vyjadřuje vzrůstající obsah C	

Obr. 57 **Význam číslic ve značce ocelí třídy 17**

Z těchto ocelí se vyrábí chirurgické nástroje, měřidla, žáruvzdorná a žáropevná zařízení jako jsou součásti pecí pro tepelné zpracování ocelí, zařízení pro sklárny, potravinářský, chemický průmysl jako jsou např. zásobníky a potrubí v mlékárnách a dalších potravinářských provozech. Zařízení pro jadernou energetiku, zvláště pro primární okruh jaderných elektráren,

kde jsou strojní součásti vystaveny radioaktivnímu záření a uhlíková ocel zde nelze použít. Oceli manganové jsou velmi odolné proti opotřebení, odolné rázům a otěru – užívají se k výrobě drtičů a mlýnů pro zpracování kamene a rud.

- **Oceli třídy 19 – nástrojové**

Číselná značka	Význam třetí číslice ve značce	
19 0 x x **19 1 x x** **19 2 x x**	Nástrojové oceli uhlíkové	
19 3 x x	Oceli manganové	Nástrojové oceli slitinové
19 4 x x	Oceli chrómové	
19 5 x x	Oceli chrómmolybdenové	
19 6 x x	Oceli niklové	
19 7 x x	Oceli wolframové	
19 8 x x	Oceli rychlořezné	
Čtvrtá číslice značky vyjadřuje kombinaci přísadových prvků. Pátá číslice - pořadová – vyjadřuje způsob výroby oceli		

Obr. 58 **Význam číslic ve značce ocelí třídy 19**

Nástrojové oceli uhlíkové mají obsah C nad 0,8%. Užívají se pro výrobu běžných nástrojů pro ruční a strojní obrábění. Tvrdost získají oceli zakalením. Nástroje , které mají být houževnaté a kde tvrdost nemusí být velká se vyrábí z ocelí s menším obsahem C, tj. kolem 0,8%C (průbojníky na papír a kůži, nástroje na obrábění dřeva, sekery kladiva, kleště, nože pro strojní nůžky, dláta. Z ocelí s obsahem větším jak 0,8% se dělají nástroje pro ruční zpracování a obrábění kovů – např. pilníky, vrtáky, nástroje pro tváření. Tyto nástroje nesnesou teploty vyšší jak 200° C.

Nástrojové oceli slitinové slouží k výrobě nástrojů u kterých by oceli uhlíkové nevyhovovaly svými vlastnostmi. Mají větší prokalitelnost a přísadové prvky Cr, W a V vytvářejí v oceli tvrdé karbidy, které mají stálé vlastnosti i při vysokých teplotách až 600° C a dobrou odolnost proti otěru. Zároveň mají i dobrou houževnatost, která brání lámání nástrojů. Tyto nástrojové oceli se dělí na skupinu:
- **nástrojových ocelí pro práci za studena**
- **nástrojových ocelí pro práci za tepla** tyto oceli mají vysoký obsah W - až 15%.

Nástrojové oceli rychlořezné slouží k výrobě nejvýkonnějších řezných nástrojů a nástrojů tvářecích pro tváření za studena. Mají velkou odolnost proti otěru, tvrdost a odolnost proti tzv. **popuštění** (popuštění je ohřev s pomalým ochlazením, což by u nástroje znamenalo ztrátu tvrdosti). Tyto oceli obsahují až 18%W, dále kolem 4% Cr, V, Mo a další legující prvky.
Nejvíce namáhané nástroje se vyrábí z ocelí, které jsou legovány kromě jiných prvků i kobaltem – Co, jehož obsah bývá od 0,5% do 11%. Z těchto ocelí se vyrábí protahováky, protlačováky a další extrémně namáhané nástroje.

4.2.2 Oceli na odlitky

Jsou slitiny železa s uhlíkem a dalšími prvky jako je Si, Mn, Cr atd. kde ovšem obsah uhlíku nesmí přesáhnout hodnotu 2,14%.

Rozdělení: **- oceli na odlitky uhlíkové**
- oceli na odlitky slitinové (legované)

Číselná značka	Význam třetí a čtvrté číslice ve značce
42 26 xx	Oceli na odlitky uhlíkové
42 27 xx	Oceli na odlitky nízko a středně legované lité do pískových forem
42 28 xx	Oceli na odlitky nízko a středně legované lité jinak než do pískových forem a oceli pro permanentní magnety
42 29 xx	Oceli na odlitky vysokolegované
První dvojčíslí - 42 značí normu hutnictví Druhé dvojčíslí zařazuje oceli do skupin Třetí dvojčíslí značí u uhlíkových ocelí: 00 – 29 – oceli jsou odlévány jinak než do pískových forem. 30 – 99 přibližná hodnota meze pevnosti v tahu v MPa Třetí dvojčíslí značí u slitinových ocelí skupiny legujících prvků	

Obr. 59 **Číselné značení ocelí na odlitky a význam číslic ve značce ocelí**

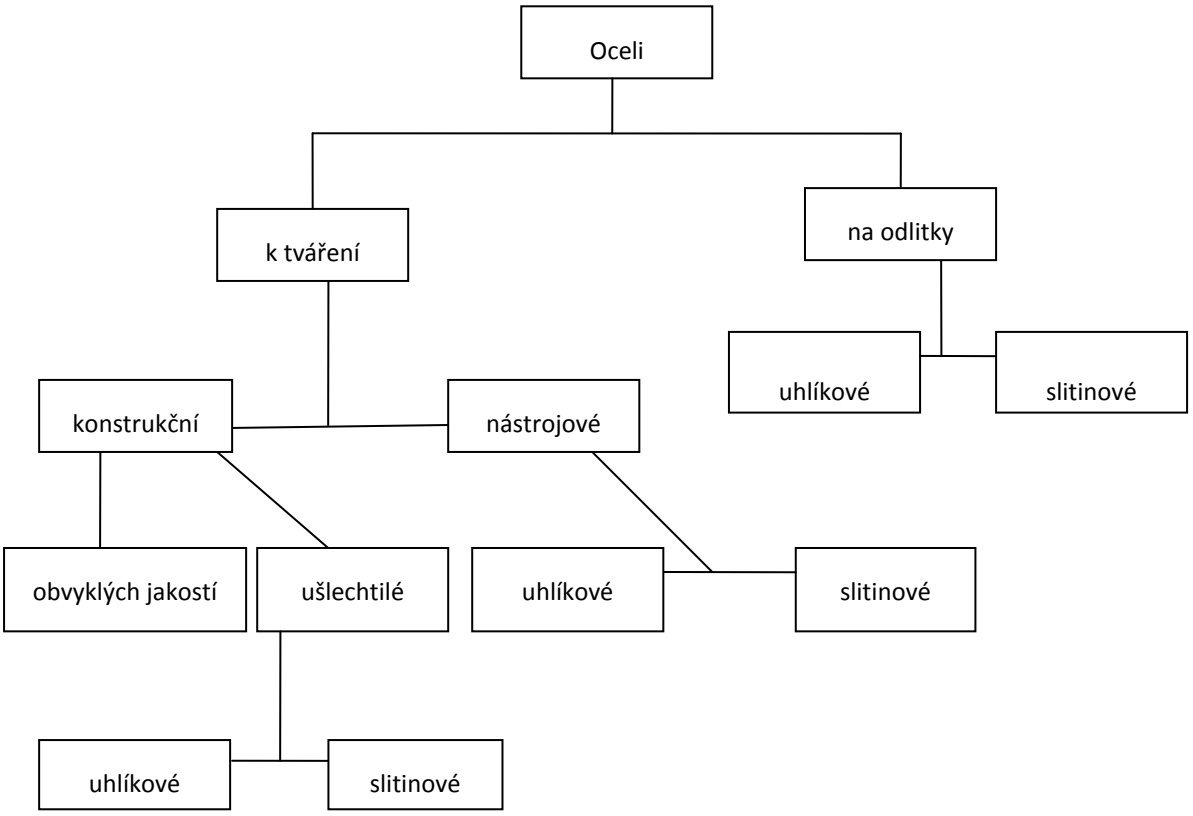
Oceli na odlitky uhlíkové 42 26 xx -mají větší houževnatost jako litiny, obsah C mají maximálně 0,6%. Vyrábí se z nich např. tvarově složité součásti spalovacích motorů, tělesa armatur, kluzná ložiska

Oceli na odlitky slitinové nízko a středně legované 42 27 xx a 42 28 xx – jsou legovány nejvíce Mn, Si, Cr – vyrábí se články traktorových pásů, armatury, ozubená kola a další. Legováním ocelí Mo, Cr a případně ještě V vznikají oceli **žáropevné,** které snášejí i teploty přes 550°C. Pokud přidáme do ocelí kromě Cr Mo ještě V, W a hlavně Co, vzniknou oceli otěruvzdorné, které vydrží namáhání i při vysokých teplotách.

Slitiny pro trvalé magnety obsahují kromě železa tyto prvky Al až 11%, Ni 13 až 30% a Co až 30%. Příklad označení: **42 28 80** nebo **42 28 95.**

Oceli na odlitky slitinové vysoko legované 42 29 xx – jsou legovány nejvíce chrómem některé až 27%, niklem. Množstvím legujících prvků a svými vlastnostmi je můžeme přirovnat s třídou ocelí 17. Vznikají slitiny **odolné korozi** a **žárovzdorné a žáropevné** slitiny. Z odolných korozí se lijí např. lopatky vodních turbín, tělesa armatur potrubí, součásti čerpadel. Z žárovzdorných se lijí rošty topenišť, součásti kotlů. Obsah C u těchto ocelí bývá poměrně malý – kolem 0,2%, přesto jsou poměrně obtížně svařitelné.

Obr. 60 **Schéma rozdělení ocelí**



První doplňková číslice za značkou oceli značí druh tepelného zpracování

Číselná značka	Význam první doplňkové číslice
1x x x x. 0x	tepelně nezpracovaný
1x x x x. 1x	normalizačně žíhaný
1x x x x. 2 x	žíhaný s uvedením způsobu žíhání
1x x x x. 3 x	žíhaný na měkko
1x x x x. 4 x	kalený nebo kalený a popuštěný
1x x x x. 5 x	normalizačně žíhaný a popuštěný
1x x x x. 6 x	zušlechtěný na dolní pevnost obvyklou u příslušné oceli
1x x x x. 7 x	zušlechtěný na střední pevnost obvyklou u příslušné oceli
1x x x x. 8 x	zušlechtěný na horní pevnost obvyklou u příslušné oceli
1x x x x. 9 x	tepelné zpracování, které nelze zapsat číslicemi 0 - 8
Druhá doplňková číslice vyjadřuje stupeň přetváření materiálů	

Obr. 61 **Význam doplňkových číslic za základní značkou ocelí**

Shrnutí:

- V této kapitole jsme se seznámili se železnými kovy, jejichž název je oceli.
- Výroba oceli se provádí v konvertorech, Martinských, elektrických a indukčních pecích a ve vakuu.
- Výroba oceli se nazývá zkujňování.
- Oceli dělíme na: oceli vhodné k tváření a oceli na odlitky.
- Oceli k tváření mají pětimístnou číselnou značku ve tvaru 10 xxx a členíme je do tříd 10 – 17 a 19.
- Oceli tříd 10 a 11 jsou konstrukční uhlíkové obvyklých jakostí.
- Oceli třídy 12 jsou konstrukční uhlíkové, ušlechtilé.
- Oceli tříd 13 – 16 jsou konstrukční oceli ušlechtilé slitinové.
- Oceli třídy 17 jsou konstrukční oceli ušlechtilé se zvláštními vlastnostmi.
- Oceli třídy 19 jsou oceli nástrojové.
- Oceli na odlitky mají šestimístnou číselnou značku ve tvaru 42 26 xx.
- Na vlastnosti ocelí má největší vliv uhlík.
- Legující prvky, které mají velký vliv na zlepšení kvality ocelí jsou chróm, mangan, křemík, nikl, wolfram, titan, vanad.
- První doplňková číslice základní značky určuje způsob tepelného zpracování oceli.
- Číselné značení v naší republice je jiné jako evropské, jsou zpracovány převodní tabulky číselných značek na evropskou normu.

Otázky a úkoly:

1. Jaké způsoby výroby oceli znáte?
2. Co znamená výraz zkujňování?
3. Jaké je rozdělení ocelí a jejich použití?
4. Jaký je maximální obsah C u ocelí?
5. Napište číselné značení ocelí třídy 10 a 11 a vysvětlete význam čísel ve značce
6. Co značí u ocelí třídy 11 jednička na třetím místě značky a co značí čtvrtá číslice?
7. Napište číselné značení ocelí třídy 12 a 16 a vysvětlete význam čísel ve značce
8. Napište číselné značení ocelí třídy 17 a vysvětlete význam čísel ve značce
9. Napište číselné značení ocelí třídy 19 a vysvětlete význam čísel ve značce
10. Napište číselné značení ocelí na odlitky a vysvětlete význam čísel ve značce
11. Jaký prvek nejvíce ovlivňuje vlastnosti ocelí?
12. Jaký význam má první doplňková číslice ve značce oceli?

5. VÝROBA A ZNAČENÍ LITIN

CÍLE:

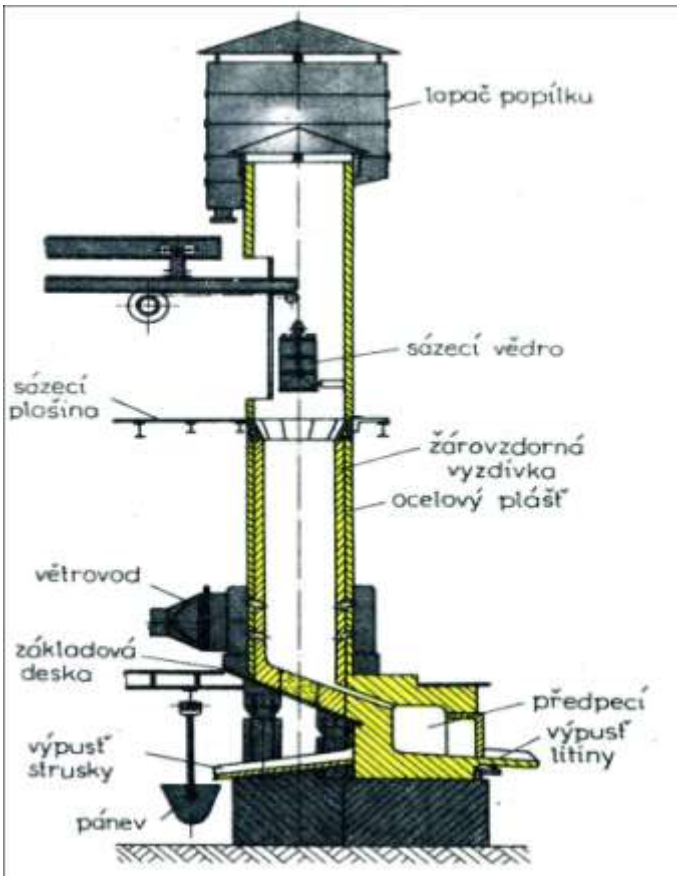
Po prostudování této kapitoly dokážete:
- Popsat základní způsoby výroby litin.
- Popsat zařízení k výrobě litin.
- Vyjmenovat druhy litin, popsat jejich výrobu a využití v praxi.
- Určit význam jednotlivých číslic číselné značky příslušného druhu litiny.

Litiny jsou slitiny železa především s uhlíkem a dalšími prvky, kde množství uhlíku ve slitině přesahuje vždy hodnotu 2,14%. Uhlík je v litině většinou v podobě lupínkového grafitu.

Obr. 62 **Výbrus šedé litiny – lupínkový grafit**

5.1 VÝROBA LITINY

Litiny jsou důležitým konstrukčním materiálem vyráběným v tzv. **kuplovnách –** šachtových pecích, které jsou svým tvarem podobné pecím vysokým. Zde se přetavuje šedé surové železo, odpadová litina ze sléváren a odpadový ocelový šrot ze sběru. V kuplovnách se topí koksem a do **vsázky** se přidává vápenec. Chemický proces, který v kuplovnách probíhá je podobný jako při tavení surového železa ve vysoké peci. Vzduch, který je do kuplovny přiváděn, však **na rozdíl od vysoké pece není ohříván**. Tavba probíhá při teplotách 1100 - 1300°C. Po vytavení vsázky získáváme jako hlavní produkt kuplovny tzv. **šedou litinu** (má výbrus šedé barvy).

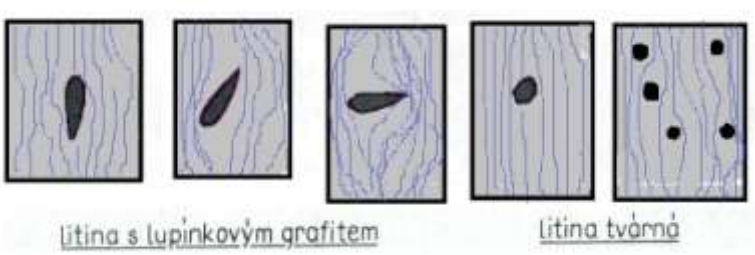


Obr. 63 **Schéma kuplovny**

5.2 DRUHY LITIN, JEJICH UŽITÍ A ZNAČENÍ

5.2.1 Šedá litina

Strukturu šedé litiny si můžeme představit jako hmotu tvořenou ocelovou základní hmotou, v níž jsou rozptýleny různými směry lupínky grafitu. Tvar struktury závisí nejvíce na chemickém složení a na rychlosti chladnutí litiny. Vlastnosti litiny ovlivňuje velikost a rozložení lupínků. Litina s jemnými lupínky je kvalitnější jako litina s lupínky velkými. Na koncích lupínků se při namáhání koncentruje napětí, které je tím větší, čím delší je lupínek a čím má ostřejší konec. Důležitá je poloha lupínku vzhledem ke směru napětí. To může dosáhnout hodnoty až desetinásobku běžného napětí, pokud bude poloha lupínku kolmá ke směru napětí (grafit může mít tvar lupínkovitý, pavoučkovitý, dokonale nebo nedokonale zrnitý a jeho rozložení může být rovnoměrné, růžicovité, usměrněné, neusměrněné, smíšené)



Obr. 64 **Princip vzniku napětí při různém natočení lupínkového grafitu (nevzniká u tvárné litiny)**

Šedá litina je materiál poměrně křehký, který nemá téměř žádnou tažnost. Při namáhání tahem proto nastane porušení bez nějaké předchozí zjevné deformace – bez protažení. Jakost šedé litiny se posuzuje podle pevnosti v tahu. Pevnost v ohybu je asi dvojnásobná než pevnost v tahu a pevnost v tlaku je asi 3 až 4 krát větší jako pevnost v tahu. Podle těchto údajů se pak může řídit konstruktér při navrhování materiálu na určité součásti. Modul pružnosti v tahu **E** šedé litiny se mění s napětím, takže pro šedou litinu neplatí **Hookeův zákon** (viz tahová zkouška)**.**

Šedé litiny dělíme na dvě skupiny:

- **Šedé litiny nelegované**, kde kromě železa je hlavním prvkem uhlík.
- **Šedé litiny legované,** kde přidáním dalších legujících prvků, jako je **Cr, W, V, Mg, Ti a další,** zlepšujeme hlavně mechanické vlastnosti šedé nelegované litiny. Nejvíce důležité je velké zjemnění a zkrácení lupínků grafitu a dále zlepšíme odolnost proti korozi, získáme žárovzdornost a žáropevnost a další vlastnosti.

Výrobky z **šedých litin nelegovaných** jsou např. řemenice, poklopy. Kvalitnější litiny s větší pevností v tahu slouží k výrobě na součásti zemědělských strojů, motorů, těles kluzných ložisek, válců kompresorů. Z litiny se lijí stojany obráběcích strojů, písty pro hydraulické mechanismy.

Legované litiny mají vlastnosti, jako je odolnost proti korozi žárovzdornost a žáropevnost, které získáme legováním šedé litiny výše uvedenými prvky. Toto umožňuje vyrábět součásti pecí jako jsou roštnice, součásti kovových licích forem, odolávají teplotám až 850 °C. Z litin s vysokým obsahem Si odléváme součásti pro chemické účely – prostředí kyselin. Litiny s vysokým obsahem Cr (18%) odolávají vysokým teplotám a korozi, mají i vysokou pevnost při těchto teplotách (550Mpa).

Obr. 65 **Číselné značení litin a význam jednotlivých číslic v číselné značce**

Číselná značka	Význam druhého dvojčíslí ve značce
42 23 xx	Tvárná litina
42 24 xx	Šedá litina
42 25 xx	Temperovaná litina
První dvojčíslí – 42 značí normu hutnictví Druhé dvojčíslí zařazuje litiny do skupin Třetí dvojčíslí značí přibližnou hodnotu meze pevnosti v tahu v MPa	

5.2.2 Tvárná litina

Tvárná litina se vyrábí z šedé litiny tzv. **očkováním.** Jedná se o přidávání hořčíku přímo do licí pánve s roztavenou litinou. Grafit lupínkový se působením hořčíku mění na **kuličkový** – dochází k takzvané krystalizaci grafitu. Tuto strukturu nazýváme perlitickou a se vznikem této struktury se výrazně mění i vlastnosti nově vzniklé **tvárné litiny**. Složení šedé litiny pro očkování: C až 4,2%, Si až4%, Ni až 3,5%. Zvětšený obsah C a Si zlepší pevnost a působí příznivě při tzv. grafitizaci litiny. Kuličkový grafit ve struktuře velmi dobře tlumí chvění a účinky případných **vrubů** na součástech, roste i pevnost až na hodnoty kolem 900MPa. Kuličkový grafit působí velmi příznivě i při namáhání protože kuličky nezpůsobují další

pnutí, jako je tomu u lupínkového grafitu. Tvárná litina má několik modifikací, a to podle toho která struktura kovu tvoří základní hmotu litiny.

Jedná se o:

- tvárnou litinu feritickou (příklad označení 42 23 03 nebo 42 23 04),
- tvárnou litinu perlitickou (příklad označení 42 23 07),
- tvárnou litinu feriticko – perlitickou (příklad označení 42 23 05),
- tvárnou litinu perliticko – feritickou (příklad označení 42 23 06).

Příklady výrobků: tělesa armatur, ložisková tělesa, stojany obráběcích strojů, dynamicky namáhané součásti jako brzdové bubny, ozubená kola, vačkové hřídele, součásti namáhané tepelně jako součásti pecí, roštnice, vrata pecí a další.

Obr. 66

5.2.3 Temperovaná litina

Vyrábí se tzv. **temperováním**, což je **dlouhodobé žíhání** (tepelné zpracování) bílé litiny, při němž dochází k rozkladu struktury zvané **cementit** (má velkou tvrdost) na železo a grafit. Vyloučí se takzvaný **temperovaný grafit**, který má tvar nepravidelných zrn a jehož přítomnost ovlivňuje vlastnosti temperované litiny podobně, jako tomu bylo u tvárné litiny s účinky kuličkového grafitu. Litina má v některých případech větší smrštění a zhoršenou zabíhavost, takže se nehodí pro výrobu velkých odlitků. Odlévají se součásti do 100kg hmotnosti

Rozklad cementitu můžeme dosáhnout **žíháním** při dostatečně vysoké teplotě, kde se cementit rozloží na grafit a ferit – vznikají litiny s tzv. **černým lomem** neboli **litiny feritické** (příklad označení 42 25 31 – 42 25 34) mají vysokou tažnost, dobrou obrobitelnost a houževnatost.

Dále žíháním a zároveň i větším oduhličením litiny, kde kromě rozkladu cementitu dochází i k oduhličení - vznikají litiny s tzv. **bílým lomem – litiny perlitické** (příklad označení: 42 25 36, 40, 45). Tyto litiny mají menší houževnatost než litiny feritické.

Příklady výrobků: tělesa armatur, maticové klíče, součásti automobilů, výrobky pro elektrotechniku a další.

Obr.67 vybrus temperované litiny- vločkový grafit

5.2.4 Tvrzená litina neboli skořepová litina

Vyrábí se z ní odlitky, které mají tvrdou povrchovou vrstvu, která je tvořena bílou litinou a jádro odlitku je tvořeno litinou šedou, která má větší houževnatost a lepší obrobitelnost. Pro výrobu této litiny musí být zvoleno vhodné chemické složení roztavené litiny a vhodné licí zařízení. Tvrzená litina vzniká litím do kovových forem, které umožní rychlé ochlazení povrchových vrstev odlitku a vznik bílé litiny s velkou tvrdostí vlivem struktury zvané cementit, který právě vytváří bílý lom. Kromě velké tvrdosti má tato litina i velkou odolnost proti otěru.
Jádro, které chladne pomaleji, vytváří v železe krystaly grafitu, který způsobují šedý lom – šedou litinu. Tato složka má větší houževnatost.
Vzhledem k těmto vlastnostem jednotlivých vrstev této heterogenní struktury se uplatňuje tato litina při výrobě drtících válců, hutních a mlýnských válců, vagónových kol a všude tam, kde je třeba, aby měla součást tvrdý a otěru odolný povrch.

Shrnutí

- V této kapitole jsme se seznámili se železnými kovy s názvem litiny.
- Obsah uhlíku v litinách je větší jako u ocelí a je větší, jako 2,14% C.
- Známe základní rozdělení litin na **bílé a šedé.**
- **Ze šedé litiny tepelným zpracováním** – temperováním získáme **litinu temperovanou.**
- Očkováním šedé litiny hořčíkem získáme litinu tvárnou.
- Číselná značka litin je šestimístná **42 23 xx, 42 24 xx a 42 25 xx.**
- **Litina skořepová** neboli tvrzená je složena z litiny bílé a šedé, která tvoří jádro.

Otázky a úkoly:

1. Jaké je základní rozdělení litin a jaké je jejich další zpracování?
2. Jak vzniká litina temperovaná?
3. Jak vzniká litina tvárná?
4. Jak vzniká litina skořepová?
5. Jaké je použití jednotlivých druhů litin?
6. Napište číselnou značku litiny šedé, tvárné a temperované.

6. VÝROBA A ZNAČENÍ NEŽELEZNÝCH KOVŮ

CÍLE:

Po prostudování této kapitoly dokážete:
- Rozdělit neželezné kovy a znát názvy jednotlivých slitin.
- Popsat základní způsoby výroby některých neželezných kovů.
- Popsat využití neželezných kovů a jejich slitin v praxi.
- Určit význam jednotlivých číslic číselných značek neželezných kovů.

6.1 ROZDĚLENÍ A ZNAČENÍ NEŽELEZNÝCH KOVŮ

Kromě kovů, které obsahují železo – kovů železných (oceli, litiny) jsou v technické praxi zatím nenahraditelné nebo jen špatně nahraditelné **kovy neželezné** – někdy je nazýváme **barevné kovy**. Některé neželezné kovy jsou poměrně vzácné a obtížná je i jejich výroba, to je jejich získání z rud, které se vyskytují v přírodě. Z tohoto důvodu je třeba s těmito materiály šetřit a užívat je pouze v případech, kdy nemohou být nahrazeny jinými materiály. Většina těchto kovů v čistém stavu nemá takové vlastnosti, které jsou požadovány při konstrukci součástí strojů. Mají v čistém stavu většinou dobrou tepelnou i elektrickou vodivost, odolnost proti oxidaci – korozi, jsou však převážně měkké a mají nízkou pevnost v tahu. Používají se v tomto stavu většinou v elektrotechnice nebo při vývoji nových slitin. Proto se neželezné kovy v čistém stavu nepoužívají, ale daleko větší uplatnění mají slitiny. Jsou to slitiny těchto neželezných kovů a ostatních prvků nekovových. Tyto slitiny mají obvykle lepší vlastnosti než kovy čisté, z nichž jsou vyrobeny.

Rozdělení neželezných kovů:
- **těžké neželezné kovy a jejich slitiny** (hustota nad 5kg/dm^3),
- **lehké neželezné kovy a jejich slitiny** (hustota do 5kg/dm^3).

Číselné značení neželezných kovů a slitin

42 x x x x – číslice 42 značí třídu **hutnictví** (stejně jako u litin a ocelí na odlitky)
42 3 x x x – číslice 3 značí **těžké kovy a jejich slitiny**
42 4 x x x - číslice 3 značí **těžké kovy a jejich slitiny**
42 x x x x – čtvrtá číslice **0, 2, 4, 6, 8** – značí **tvářené výrobky**
42 x x x x – čtvrtá číslice **1, 3, 5, 7, 9** – značí **slévárenské výrobky**
42 x x x x – dvojčíslí ze čtvrté a páté číslice určuje skupinu těžkých nebo lehkých kovů
42 x x x x – šestá číslice je pořadová
42 x x x x. x x – první doplňková číslice značí tepelné zpracování
42 x x x x. x x – druhá doplňková číslice značí u odlitků způsob odlévání

Pokud se jedná o výrobky tvářené, posuzuje se doplňkové číslo za tečkou jako dvojčíslí a vyjadřuje stav a jakost tvářeného výrobku.

Neželezné kovy se mohou třídit podle dalších hledisek, např. podle **teploty tání** na kovy s nízkou teplotou tání, střední teplotou tání a s vysokou teplotou tání. Obvyklejší je však rozdělení na **těžké a lehké.**

6.2 TĚŽKÉ NEŽELEZNÉ KOVY A JEJICH SLITINY

Mezi těžké kovy patří **olovo, nikl, antimon, cín, zinek, kadmium**, ale hlavním představitelem těžkých neželezných kovů a poměrně nejvíce užívaným neželezným kovem této skupiny je **měď a její slitiny**

6.2.1Měď a slitiny mědi

Teplota tavení mědi je 1083°C, hustota 8,96kg/dm^3. Měď má šestinásobně větší tepelnou a elektrickou vodivost než ocel, měď je měkká ale houževnatá, obrobitelnost je špatná, protože se měď maže. Velmi dobře se však dá svařovat i pájet, na tvrdo i na měkko. Má dobrou odolnost proti korozi – na povrchu se vytvoří souvislý povlak oxidu měďného, který pak chrání kov před další korozí. Je odolná proti slané vodě i slabším kyselinám. Na střechách z měděného plechu se po čase vytvoří zelený povlak zvaný měděnka. Tento povlak sice také měď chrání před další korozí, ale je jedovatý. Proto se nahrazuje měděné potrubí v potravinářském průmyslu (lihovary, pivovary, mlékárny a další provozy) potrubím z nerezavějících ocelí třídy 17. Měď se pro svoji vynikající vodivost používá hodně v elektrotechnickém průmyslu pro výrobu vodičů, kontaktů a dalších součástí. Používá se tepelné a chladírenské technice pro svoji vynikající tepelnou vodivost v podobě trubek pro potrubní vytápěcí a chladírenské systémy. Mě můžeme s úspěchem používat i na ochranu železných kovů před korozí, kde využíváme měděné galvanické povlaky.

Výroba mědi

Měď se vyrábí obvykle redukcí rud. Nejprve se musí ruda drtit a následně mele malé kousky aby bylo možno oddělit hlušinu od částí, kde je ruda. Tento **rudný koncentrát** se pak **praží** za přístupu vzduchu aby se odstranila síra, které je poměrně velké množství. Síra pražením vyhoří a vzniklý koncentrát se pražením zároveň spéká - **vypražený koncentrát**. Vypražený koncentrát se dále zpracovává v šachtových pecích (podobných pecím vysokým) nebo pecích plamenných. Zde vznikají dvě taveniny. **Struska,** která je tvořena hlušinou a oxidy a tzv. **kamínek,** což je tavenina tvořená sulfidy. Struska se od kamínku odloučí (je lehká a je na povrchu taveniny) vypouští se, podobně jako u při výrobě železa ve vysoké peci.

Následuje zpracování kamínku oxidací v tzv. **konvertorech** na **černou měď.** Ta už obsahuje 99% mědi, která je však křehká vlivem příměsí. Poslední úpravou je proto hutnická nebo elektrolytická **rafinace** mědi. Při ní se měď vyčistí na čistotu cca 99,95%.

Obr. 68 **Postup výroby mědi z rudy a procentuální obsah Cu**

Surovina	% Cu v surovině
Ruda	1 % Cu
Rudný koncentrát získaný mletím a tříděním	15% Cu
Vypražený koncentrát z pražící pece	20% Cu
Kamínek z šachtové nebo plamenné pece	50% Cu
Černá měď z konvertorů	99% Cu
Rafinovaná měď	99,95% Cu

Rozdělení mědi:
- **měď tvářená –** její využití jsme právě popsali na příkladech,
- **měď slévárenská –** využívá se hlavně pro výrobu slitin.

Slitiny mědi:
- **tvářené slitiny,**
- **slévárenské slitiny.**

Nejznámějšími slitinami mědi jsou **bronzy a mosazi.**

Bronzy
Lze obecně říci, že **bronzy** jsou slitiny mědi s různými neželeznými kovy **kromě zinku.**
Bronzy můžeme zase rozdělit na **bronzy tvářené** a **bronzy slévárenské.**
Který hlavní legující prvek vytvoří s mědí slitinu, podle toho se bronzy nazývají.

Bronzy cínové – jsou legovány nejvíce cínem – až 20% Sn. S obsahem 8% Sn se vyrábějí tvářené bronzy, např. jako trubky a plechy. V podobě litých bronzů jako kola čerpadel, tělesa armatur a další. Se zvýšeným obsahem Sn se zlepšují vlastnosti těchto bronzů.

Bronzy červené – jsou to bronzy slévárenské, z nichž se lijí tělesa armatur pro horkou tlakovou vodu a páru, kluzná ložiska a součásti pro tepelně namáhaná čerpadla. Obsah Sn bývá do 10% a také malé množství Pb.

Bronzy olověné – jsou bronzy slévárenské s Pb až 33% a také Sn. Vzhledem k jejich dobrým kluzným vlastnostem se používají do kluzných ložisek jako tzv ložiskové kovy na výstelky. Vydrží vysoké tlaky – přes 10 MPa.
Další druhy bronzů jsou např. **bronzy niklové** - výroba odporů v elektrotechnice, nebo **bronzy hliníkové** – užití pro vysoké teploty např na ventily spalovacích motorů, armatury do parních potrubí atd. Slitiny s Mn a Al jsou feromagnetické aniž by obsahovaly železo.

Mosazi
Mosazi jsou slitiny mědi se zinkem a dalšími kovy. Pokud by mosazi obsahovaly méně jak 58% Cu, byly by velmi křehké a tvrdé a pro technickou praxi nepoužitelné. Mosazi s obsahem přes 80% Cu se nazývají **tombaky.**
Slévatelné jsou mosazi nejlépe při 60% Cu, tažné jsou nejvíce při 70% Cu. Mosazi se označují značkami Ms 70 – kde číslo vyjadřuje Cu v %. Takže např. Ms 85, Ms 90 jsou **tombaky –** mají dobrou pevnost v tahu a jsou i chemicky stálé. Vyrábí se trubkování chladičů, nábojnice, lopatky parních turbín. **Mosazi automatové** např. Ms 63 Pb jsou mosazi s přísadou olova - mají dobrou obrobitelnost a tvárnost za tepla. Užívají se pro zápustkové kování, tváření za tepla a pro třískové obrábění. Mosazi slévárenské se označují **Ms L 60 –** kde číslo značí % Cu.

6.2.2 Olovo a jeho slitiny

Získává se z rud jako je **leštěnec olověný** nebo **galenit.** Rudy se pražením zbaví hlušina a vzniklé **oxidy olova** se pak redukcí v šachtových pecích zbavují kyslíku a výsledkem je olovo čistoty asi 92%. To se pak rafinací, podobně jako u mědi čistí na konečnou čistotu 99,95 až 99,99%.
Hustota olova je 11,34 kg/dm^3, teplota tavení 327°C. Olovo je velmi měkké, dobře slévatelné a obrobitelné kromě pilování (zanášení pilníků). Má velmi dobrou odolnost proti korozi a

odolnost proti chemikáliím. Na vzduchu reaguje s kyslíkem, vytváří souvislou a nepropustnou vrstvičku oxidů, která chrání základní materiál před další korozí. Při styku s vodou, ve které je obsažen CO_2, vytváří se jedovatý hydroxid olovnatý, který je navíc rozpustný ve vodě. Proto je nutné olověné vodovodní trubky chránit povlakem cínu případně užít jiný materiál na potrubí (v současnosti se využívají hojně plasty).

6.2.3 Nikl a jeho slitiny

Hustota niklu - **Ni** je 8,9 kg/dm^3, teplota tavení 1453°C, elektrickou vodivost má 4x nižší jako měď ale lepší než ocel. Má dobrou slévatelnost, pájitelnost i svařitelnost ale hlavně velmi dobrou odolnost proti korozi. Je foromagnetický až do teploty 356 °C. Žáropevnost (schopnost odolávat oxidaci při vysokých teplotách) niklu stoupne po přidání chromu z 800 °C až na 1300°C.
Užívá se nejčastěji jako legující prvek při výrobě různých druhů ocelí, zvláště třídy 17 ale i jiných tříd. Při výrobě alkalických akumulátorů, jako kladná deska, v průmyslu potravinářském, chemickém, k výrobě chirurgických nástrojů a k ochraně kovů před korozí – niklováním

6.2.4 Zinek a jeho slitiny

Hustota zinku – **Zn** je 7,13 kg/dm^3, teplota tavení 419°C, elektrická vodivost je o málo větší jako u niklu, má dobrou slévatelnost i pájitelnost. Zinek se dříve vyráběl podobnou technologií jako měď , v současnosti se vyrábí elektrolyticky ze síranu zinečnatého, vzniká tzv. **elektrolytický zinek ,** jehož přetavením získáme zinek o čistotě 99,99%.
Jeho mechanické vlastnosti se mění s teplotou – při normální teplotě je Zn křehký, při teplotě 100 - 150°C je kovatelný – tvárný, při zvýšení teploty na 200°C ztrácí tvárnost a je opět křehký. Jeho odolnost proti korozi je různá. V suchém ovzduší odolává kyslíku velmi dobře, proti chemikáliím je odolný málo. Jeho využití je především k ochraně kovů před korozí dále k výrobě mosazi a k výrobě pájek.

6.2.5 Cín a jeho slitiny

Hustota cínu je 7,3 kg/dm^3, teplota tavení je 232°C, elektrická vodivost je poměrně nízká přibližně stejná jako u oceli. Odolnost proti korozi je velmi dobrá. Cín má 2 modifikace. Takzvanou **modifikaci β** v níž se vyskytuje převážně. Je to modifikace zvaná **bílý cín**. Tato modifikace je stálá nad teplotou 13°C. Pod touto teplotou je stálá **modifikace α** zvaná šedý cín, což je šedý prášek. Při dlouhém podchlazení pod teplotu 13°C a nižší začne **modifikaci β** přecházet – překrystalizovat v **modifikaci α.** Nebo k této překrystalizaci dojde pokud je **modifikace β** tzv. nakažena **modifikací α.** Tento jev nazýváme **cínový mor**. Tato překrystalizace sice trvá velmi dlouho, ale materiály vyrobené z **bílého cínu** jsou touto překrystalizací znehodnoceny (známé jsou případy rozpadu cínového nádobí na hradech a zámcích právě vlivem nízkých teplot). Cín se užívá především k pocínování ostatních materiálů jako ochranný povlak proti korozi, k výrobě pájek a ložiskových kovů – kompozic.

6.2.6 Kobalt

Hustota kobaltu je 8,9 kg/dm^3**,** teplota tavení je 1495°C. Užívá se jako přísadový kov do ocelí, jejichž vlastnosti se pak výrazně mění. Zvláště zvyšuje žárovzdornost a žáropevnost ocelí až

na teploty 800 - 850°C. Tyto materiály se užívají na výrobu leteckých tryskových a raketových motorů. Je legujícím prvkem u rychlořezných ocelí, kde zvyšuje jejich tvrdost a používá se i při výrobě **slinutých karbidů** (spékaných kovových prášků).

6.2.7 Wolfram

Hustota wolframu je 19,3 kg/dm^3 , teplota tavení je v porovnání s ostatními kovy velmi vysoká - 3380°C. Elektrická vodivost je poměrně dobrá (cca dvojnásobná jako u oceli). Pevnost v tahu je velká – pohybuje se kolem 1100MPa. Velká je i tvrdost (200HB).
Z wolframu se vyrábí množství součástí, které pracují při vysokých teplotách jako jsou součásti spalovacích a tryskových motorů, vlákna žárovek. Užívá se jako legující prvek do žárovzdorných a žáropevných ocelí, přidává se také do ocelí nástrojových, kde vytváří tvrdé karbidy a je základní složkou při výrobě slinutých karbidů – řezných materiálů ale i dalších výrobků práškové metalurgie. Nevýhodou je jeho vysoká cena.

6.2.8 Molybden

Hustota molybdenu je 10,2 kg/dm^3, teplota tavení je také vysoká 2630°C. Elektrická vodivost je o něco málo menší jako u wolframu. Pevnost je poměrně vysoká 700MPa a tvrdost je nižší jako u wolframu (150HB) je cenově levnější jako wolfram. Užití má podobné jako wolfram – vytváří žáropevné a žárovzdorné slitiny. Je důležitým legujícím prvkem při výrobě ocelí pracujících při vysokých teplotách, ocelí nástrojových - pro výrobu velmi kvalitních řezných nástrojů a stejně jako wolfram je užíván v práškové metalurgii na výrobu kontaktů pro elektrotechniku, výrobků pracujících za vysokých teplot a dalších výrobků práškové metalurgie značně tepelně a mechanicky namáhaných.

6.2.9 Chrom

Hustota chromu je 7,14 kg/dm^3, teplota tavení je 1910°C, je velmi odolný proti korozi i proti silným chemikáliím. Je i žáropevný a žárovzdorný a s ostatními kovy vytváří žáropevné a žárovzdorné slitiny. Je křehký, proto se čistého chromu neužívá pro výrobu součástí. Největší použití má jako legující prvek při výrobě konstrukčních, korozivzdorných i nástrojových ocelí. Vyrábí se z nich chirurgické nástroje, zařízení jaderných elektráren, stroje a vybavení pro chemický a potravinářský průmysl. Pro ochranu ocelí proti korozi se vytváří galvanické povlaky chromem. Chrom známe také ve formě dekoračních lesklých povrchů součástí automobilního průmyslu ale i dalších výrobků v jiných odvětvích.

6.3 LEHKÉ NEŽELEZNÉ KOVY A JEJICH SLITINY

Mezi nejčastěji užívané lehké kovy patří hliník – **Al,** titan – **Ti** a hořčík **Mg** a jejich slitiny. Tyto kovy jsou také užívány při výrobě ocelí ale i slitin neželezných, jako důležité legující prvky. Jejich přítomnost ve slitině dokáže velmi výrazně ovlivnit její mechanické a další vlastnosti.

6.3.1Hliník a jeho slitiny

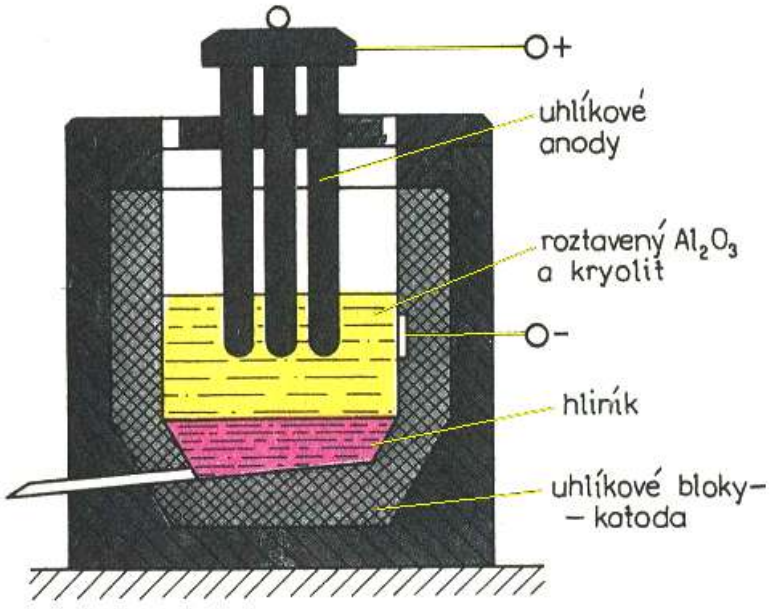
Hliník je nejčastěji užívaný lehký neželezný kov a zejména pak jeho slitiny s ostatními kovy a nekovovými prvky. Hliník má malou hustotu, 2,7kg/dm^3, dobrou vodivost elektrickou i tepelnou asi 60% vodivosti mědi, tvárnost a svařitelnost. Čistý Al je špatně slévatelný, lití se provádí hlavně pod tlakem, slévatelnost se výrazně zlepší přidáním křemíku. Al je odolný proti některým chemikáliím a proti korozi – okysličování. Al se pokryje na vzduchu tenkou vrstvičkou oxidů a ty pak chrání základní kov před dalším okysličováním. Zvětšení tloušťky této vrstvičky můžeme dosáhnout uměle další oxidací – tento proces se nazývá **eloxování.** Tváření Al je za tepla při teplotách 450 - 500°C.
Hliník a jeho slitiny rozdělujeme na dvě skupiny:

- **hliník a slitiny tvářené**
- **hliník a slitiny slévárenské nebo hutnické**

Velkého zlepšení mechanických vlastností hliníku dosáhneme výrobou slitin Al s některými prvky, především s mědí, hořčíkem, křemíkem, manganem zinkem

Výroba hliníku

Přítomnost hliníku na zemi je v rudách větší něž přítomnost železa. Toho je asi 5%, kdežto hliníku přes 8%. Je sice obsažen v množství rud, ale vyrábí se téměř výhradně z tzv**. bauxitu**
Hliník při výrobě prochází dvěma fázemi. Nejprve se chemickou cestou získá oxid hlinitý Al_2O_3. Výroba pak pokračuje druhou fází – elektrolýzou, kterou získáme Al čistoty 99,3% někdy až 99,8%, obvykle však 99,5%. Pokud je požadován hliník vyšší čistoty musí se Al čistoty 99,5% takzvaně **rafinovat pásmovou rafinací.** Výsledná čistota pak může dosáhnout až 99,999%.
Roztavený Al se pak odlévá do tzv. housek, ingotů, bloků nebo desek.
Podle počtu tavení rozeznáváme **čistý hliník prvního tavení a čistý hliník druhého tavení.**
Hliník prvního tavení se vyrábí přímo ze surovin – jak je výše popsáno, kdežto hliník druhého tavení se vyrábí přetavením hliníkových odpadů.



Obr. 69 **Elektrická pec – tavení hliníkové rudy**

Slitiny hliníku tvářené

Nejznámější je slitina Al – Cu4 – Mg známá pod názvem **dural.** Ve vytvrzeném stavu má pevnost kolem 400 MPa. Má však malou odolnost proti korozi, proto se povlakuje hliníkem.
Podobná slitina se zvýšeným obsahem Mg je tzv. **superdural**, Al – Cu4 – Mg1, jehož pevnost je nad 500MPa. Obě tyto slitiny slouží k výrobě tyčových profilů a plechů a využívají se v leteckém průmyslu.
Další slitiny, v níž jsou obsaženy prvky Al + Cu + Ni si zachovává své mechanické vlastnosti i při vysokých teplotách, dosahuje pevnosti kolem 400MPa a slouží k výrobě součástí spalovacích motorů, jako jsou písty nebo ojnice. Slitiny Al + Mg s obsahem Mg od 2 do 8% s názvem **Hydronalium** jsou odolné korozi, mají dobrou pevnost, přes 400MPa a užívají se v leteckém průmyslu
Slitiny Al s manganem mají dobrou korozní odolnost a slouží k výrobě nádrží v potravinářském nebo chemickém průmyslu.
Slitiny Al s Sn se žívají pro výrobu kluzných ložisek. Je to např. slitina Al – Sn20, která se plátuje do ocelových kluzných ložisek ve formě tenkých pásků, jako **výstelka**. Životnost těchto výstelek je dokonce větší jako u tzv. **kompozic.**

Slitiny hliníku slévárenské

Teplota roztaveného kovu bývá kolem 700 - 750°C. Lijí se do písku, forem kovových – tzv. **kokil** lije se i pod tlakem. Užití těchto slitin je ve větší než u slitin tvářených. Nejčastějším legujícím prvkem u těchto slitin je Si – křemík – např. velmi často užívaná slitina zvaná **silumin** Al Si13 s malým množstvím hořčíku, jejíž teplota tavení je jen 577°C, těsně před litím se **očkuje** malým množstvím sodíku – Na (0,1%). Má velmi dobrou slévatelnost a užívá se např. na výrobu součástí leteckých nebo vznětových motorů.

6.3.2 Hořčík a jeho slitiny

Hořčík – Mg je možno vyrábět z mořské vody, kde je jeho obsah 0,14%. Další suroviny pro výrobu hořčíku jsou **magnezit a dolomit**, které jsou v naší republice v dostatečném množství, u nás však výroba hořčíku není. Vyrábí se **elektrolýzou** při teplotách 700 - 750°C a následnou **rafinací.** Nebo takzvanou **silikotermickou redukcí** dolomitu křemíkem při teplotě 1200°C, kterou získáme mnohem čistší Mg než u elektrolýzy.

Jeho hustota je ještě menší jako u Al (2,7kg/dm^3), je pouze 1,74kg/ dm^3. Je mnohem méně odolný vzhledem k povětrnostním vlivům jako Al, zvláště málo odolný je proti mořské vodě. Ochrana proti korozi se provádí tzv. chromátováním ,což je moření součástí v roztoku dvojchromanu draselného nebo sodného a kyseliny dusičné. Vytvoří se žlutý povlak sloučenin chrómu, který chrání povrch před kyslíkem. Mg má velkou afinitu ke kyslíku proto je využíván jako dezoxidovadlo, což využíváme např. při svařování v ochranné atmosféře CO_2. Svařování slitin Mg je obtížné, pájení není možné vůbec. Spojování se provádí nejčastěji nýtováním.

Slitiny hořčíku

Do slitin hořčíku se přidává vždy mangan, který zlepšuje odolnost proti korozi a vznítivosti slitiny.

Nejznámější slitinou je **elektron** Mg+3-10%Al+Zn+Mn. Hustota je 1,8kg/dm^3. Při obrábění slitin hořčíku je nutná dobrá protipožární ochrana – hrozí nebezpečí vznícení, zvláště tam, kde vzniká prach při jeho broušení. Slitiny Mg jsou velmi dobře obrobitelné, volíme ty nevětší rychlosti obrábění.

6.3.3 Titan a jeho slitiny

Titan – Ti má mechanické vlastnosti má podobné jako ocel, některé jeho slitiny mají pevnost v tahu dokonce větší než ocel je však nemagnetický. Hustotu má téměř poloviční, jen 4,5kg/dm^3. Odolnost proti korozi u Ti a jeho slitin dokonce předčí mnohé korozivzdorné oceli. Je odolný i proti kyselinám a louhům. Je dobře svařitelný el. obloukem i el. odporem, obrobitelnost však není příliš dobrá. Zpracovává se kováním, válcováním na výkovky, vývalky a plechy. Jeho dobré mechanické vlastnosti určují použití titanu a jeho slitin. Velké využití nachází v leteckém průmyslu a ve zdravotnictví, kde se vyrábí z titanu a jeho slitin kostní náhrady. Jednou z mála nevýhod titanu je jeho vysoká cena. Je velmi důležitým legujícím prvkem při výrobě oceli. Pevnost slitin titanu je větší jako u čistého Ti.

Slitiny titanu

Slitiny α obsahují vždy hliník, kterého bývá až 8%. Dalším legujícím prvkem bývá Sn. Jsou velmi dobře svařitelné. Kováním se z těchto slitin dělají např. lopatky parních turbin.
Slitiny β obsahují Al a další prvky jako **Cr, V, W, Mo**, a další. Tyto slitiny dosahují po vytvrzení pevnost až 1150MPa. Používají se pro součásti motorů, v leteckém a farmaceutickém průmyslu.

6.3.4 Speciální slitiny neželezných kovů

Tyto slitiny slouží k výrobě kluzných ložisek jejich kluzné části – pro výrobu výstelek, vylévání pánví kluzných ložisek a k výrobě pájek.
Pro výrobu kluzných ložisek rozeznáváme dvě skupiny slitin. Jsou to **slitiny těžkotavitelné a slitiny lehkotavitelné.**

Mezi slitiny těžkotavitelné patří bronzy cínové, červené, olověné a další – užívají se pro výrobu kluzných ložisek, ale mají ještě další využití – bylo probráno v kapitole měď a její slitiny.

Slitiny užívané pouze pro výrobu kluzných ložisek nazýváme kompozice. Kompozice jsou slitiny neželezných kovů, kde základním kovem je buď cín, nebo olovo. Kompozice jsou slitiny s velmi dobrým součinitelem smykového tření,

Kompozice cínové – základním kovem je vždy cín (až 85%) a další kovy, jako antimon Sb, do 10% a Cu.
Kompozice olověné – základním kovem je olovo (až 75%) a dále antimon do15% a cín do10%.
Další druhy kompozic včetně poměrů neželezných kovů uvádí příslušná norma, případně Strojnické tabulky.

Pájky jsou slitiny neželezných kovů využívané jako přídavný materiál při pájení materiálu. Podle teploty tavení dělíme pájení i pájky. Pájky s **teplotou tavení do 500°C jsou pájky měkké. Pájky s teplotou tavení nad 500°C zhruba do 950°C jsou pájky tvrdé.**

Měkké pájky jsou slitiny cínu s olovem, cínu se zinkem případně mědí, olova s mědí a stříbrem atd. Např. Sn40Pb s teplotou tavení v rozmezí 185-225°C nebo Sn70Zn, kde teplota tavení je 200-320°C.

Pájky tvrdé jsou buď **mosazné** k pájení ocelí, mědi nebo **stříbrné** k pájení mědi, mosazi, bronzů a k pájení spojů v elektrotechnice. Příklad Ag45CuZn s teplotou tavení 680-740°C nebo Ag28CuZnMnNi s teplotou tavení 680-860°C.

Shrnutí

- V této kapitole jsme se seznámili s neželeznými kovy.
- Rozdělení neželezných kovů je podle hustoty kovů **5kg/dm^3** na **lehké a těžké.**
- Lehké neželezné kovy jsou **Al, Ti, Mg** a jejich slitiny.
- Těžké neželezné kovy jsou **Cu, Pb, Cd, Ni, Zn, Sn** a další.
- Značení neželezných kovů je šestimístnou značkou, **42 xx xx,** pokud je na třetím místě číslo **3,** označuje **kovy těžké,** pokud je na třetím místě číslo 4**,** označuje **kovy lehké.**
- Další rozdělení neželezných kovů je na **kovy tvářené nebo hutní –** podle způsobů zpracování.
- Pájky jsou slitiny neželezných kovů, které používáme k pájení kovů.
- Kompozice jsou slitiny neželezných kovů, které jsou využívány pro výrobu kluzných ložisek.

Otázky a úkoly:

1. Jaké je základní rozdělení neželezných kovů?
2. Jaké je jejich další zpracování?
3. Které kovy patří do skupiny lehkých a které do skupiny těžkých kovů?
4. Jaké vlastnosti má měď a jak nazýváme její slitiny?
5. Jak vzniká Al a jaké slitiny a jejich využití znáte?
6. Jaké použití má Ti a jeho slitiny?
7. Co jsou to kompozice a co pájky. Vysvětlete jejich užití.

7. VÝROBA A ZNAČENÍ PRÁŠKOVÝCH MATERIÁLŮ

CÍLE:

Po prostudování této kapitoly dokážete:
- Popsat základní způsoby výroby prášků.
- Popsat technologii spékání a princip vytvoření slinutých materiálů.
- Popsat využití výrobků práškové metalurgie.

Pod pojmem **prášková metalurgie** je označována výroba kovových prášků (které jsou výchozím materiálem) a dále zpracování těchto prášků na finální výrobky. Prášková metalurgie umožňuje zpracovat i kovy, jež mají vysoké teploty tavení (molybden a wolfram), a které bychom obvyklými způsoby tavit nemohli, protože pro ně neexistuje vhodné tavící zařízení.

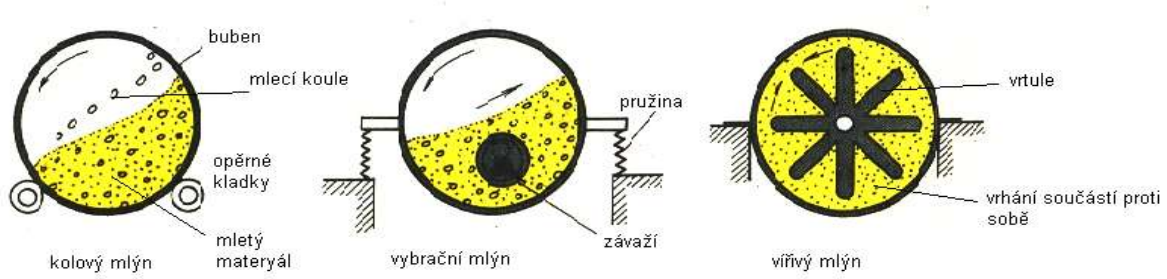
Výrobky práškové metalurgie jsou pórovité výrobky obvykle s vysokou tvrdostí a otěruvzdorností. Příkladem těchto výrobků jsou tzv. **samomazná ložiska**, kovové filtry, řezné destičky obráběcích nástrojů.

Práškovou metalurgií lze spojovat kovy, které za normálních podmínek jsou v tekutém stavu vzájemně nerozpustné a slitiny z nich normální cestou nelze vyrobit (wolfram a měď). Práškovou metalurgií je to umožněno. Nejprve se utvoří slinutím takzvaná kostra z wolframových prášků a ta se pak vyplní roztavenou mědí. Tomuto materiálu říkáme **pseudoslitiny** (nepravé slitiny). Výrobky práškové metalurgie mají již většinou konečný tvar a nemusí se již dále upravovat obráběním.

7.1 VÝROBA A ZPRACOVÁNÍ KOVOVÝCH PRÁŠKŮ

Výroba suroviny - kovových prášků

Pro výrobu konečných výrobků práškové metalurgie jsou výchozím materiálem prášky kovů. Tyto prášky získáváme několika různými způsoby:
- **Mechanicky –** kovy a jejich slitiny se melou v mlýnech (v kulových mlýnech vibračních nebo vířivých).



Obr. 70 **Schéma mlýnů na výrobu kovových prášků**

- **Granulací nebo rozprašováním kovů –** tekutý kov je při lití z kelímku rozmetáván a chlazen vodou
- **Rozkladem sloučenin některých kovů –** např. $Ni(CO)_4$, nebo $Co(CO)_4$
- **Elektrolýzou** vodných roztoků solí kovů nebo elektrolýzou roztavených solí kovů
- **Kondenzací par kovů** – např. zinkových par
- **Redukcí práškového kysličníku kovu** – u těžkotavitelných kovů jako jsou wolfram, molybden, niob, tantal

Zpracování kovových prášků

Kovové prášky se nasypou do kovové formy, která má přesný tvar hotového výrobku a lisují se vysokými tlaky **500MPa** i vyššími. Tím se prášek zahustí a jednotlivá zrna se natlačí na sebe tak, že v místech styku působením meziatomových sil, dojde ke kovovému spojení, které však nemá velkou soudržnost. Výlisek je velmi porézní.

Následuje **slinování** – **spékání při vysoké teplotě**. Teplota spékání však musí být vždy nižší, než je teplota tavení každého spékaného kovu. Při slinování dochází k difúzi atomů do sousedních krystalových mřížek sousedních částic prášků. Vysokou teplotou získají atomy velkou kinetickou energii, kterou se z vlastní mřížky přesunou do mřížky vedlejší. Vzniká mikroslitina na hranách krystalových zrn. Slinováním částice srůstají, malé póry zarůstají a zůstávají jen větší póry, které nejsou tak četné. Slinováním se výrobek o něco smršťí s čímž je však třeba dopředu počítat. Má však přesné tvary formy, takže již není třeba dalších úprav. **Aby nedocházelo k oxidaci povrchu při spékání, provádí se spékání prášků v ochranné atmosféře např. vodíku nebo ve vakuu.**

Výrobky ze slinutých kovů se uplatňují v elektrotechnice na jádra cívek při výrobě žárovek, trvalé magnety, **wolframové kontakty** spékané za teplot 1300 - 1400°C.

Výroba kluzných, samomazných ložisek, která se lisují (v porovnání s ostatní práškovou metalurgií) malými tlaky a spékají při teplotách kolem 1000°C. Tím vznikne porézní výrobek (asi 25% pórů), který se ponoří do oleje. Olej vzlínavostí pronikne do pórů. Ložisko je pak v průběhu své životnosti mazáno zevnitř.

Kovové filtry jsou vyráběny z prášku ocelového a bronzového nebo niklového. Propustnost filtrů pak závisí především na velikosti zrn prášků (zrna mají velikost řádově v mikrometrech, konkrétně např. u filtrů na filtraci nafty nebo benzínu je to 2μm), dále na jejich tvaru a také na velikosti tlaku při jejich lisování.

Příkladem výrobků ze dvou materiálů naprosto rozdílných je např. **keramické spojkové nebo brzdové obložení.** Je vyrobeno z bronzového základu, v němž jsou rozptýlena tvrdá zrna zvyšující tření při sevření brzdových čelistí, a pro zvýšení tření se přidává ještě křemenný prach.

Dalším výrobkem jsou pístní kroužky, a další součásti automobilů, motocyklů a dalších dopravních prostředků.

Konečně jejich užití ve formě břitových destiček pro řezné nástroje, lisovací nástroje, průvlaky. Svými vlastnostmi předčí rychlořezné oceli, zvláště svojí tvrdostí, žáropevností – neztrácí svoji pevnost a tvrdost při vysokých teplotách a otěruvzdorností. Tyto destičky jsou

na tělesa obráběcích nástrojů buď pájena, nebo připevňována pomocí šroubů nebo upínek. Tvary destiček a jejich ostření se upravuje už jedině broušením.

7.2 ZNAČENÍ PRÁŠKOVÝCH MATERIÁLŮ

Kovové prášky jsou normalizovány a jsou rozděleny podle chemického složení. Práškové materiály mají podobně jako oceli pětimístnou značku, první dvojčíslí je 18. Příklad značky - **18 xxx.** Další tři číslice za prvním dvojčíslím udávají blíže složení jednotlivých prášků. Například **18 0xx** – nula na třetím místě značí prášky železné. Zápis číselné normy se píše s předřazenou čtyřkou, takže označení má pak tento tvar: **41 80xx.** Za hlavní číselnou značkou je možno uvádět číslici doplňkovou, která udává zrnitost prášků. Například 41 80xx. 3
Značení práškových materiálů jsou někdy uváděny na výkresech podle normy výrobce prášků, např. **S4, U3, H1** atd

Slinuté karbidy - materiály pro břitové destičky nástrojů jsou rozděleny značením takto:
18 500 – 18 507 jsou slinuté karbidy pro obrábění materiálů dávajících dlouhou třísku
18 510 a 18 511 slinuté karbidy pro obrábění materiálů dávajících dlouhou i krátkou třísku
18 515 – 18 520 slinuté karbidy pro obrábění materiálů dávajících krátkou třísku

Shrnutí

- V této kapitole jsme se seznámili s práškovými kovy .
- Prášky získáváme mletím, kondenzací par kovů, elektrolýzou roztoku solí, rozkladem některých sloučenin.
- Prášky lisujeme vysokými tlaky na konečný tvar výrobku.
- Prášky spékáme – slinujeme při vysokých teplotách, které nedosahují teplot tavení jednotlivých komponentů.
- Principem slinování je difuze.
- Výrobky práškové metalurgie jsou řezné části nástrojů, samomazná ložiska, pístní kroužky spalovacích motorů a další.

Otázky a úkoly:

1. Co je to prášková metalurgie?
2. Jakou metodou získáváme kovové prášky?
3. Jakým způsobem získáme tvar výrobků z kovových prášků?
4. Při jaké teplotě se prášky spékají a co je principem spojení zrn prášků?
5. Jakým způsobem jsou vyráběna samomazná ložiska?

8. NEKOVOVÉ TECHNICKÉ MATERIÁLY

CÍLE:

Po prostudování této kapitoly dokážete:
- Rozdělit nekovové technické materiály.
- Popsat základní způsoby výroby plastů.
- Popsat využití plastů podle jejich vlastností.
- Vyjmenovat ostatní nekovové materiály, znát jejich vlastnosti a využití.

Mezi materiály nekovové, které jsou využívány ve strojírenském průmyslu, řadíme **plasty, dřevo, pryž, sklo, keramika, kamenina, porcelán, brusivo, kůže, textilie.** Některými těmito materiály jsou nahrazovány kovy železné i neželezné, v poslední době jsou to zvláště plasty. Plasty mnohdy dosahují pevnosti srovnatelné s pevností ocelí ale i další vlastnosti jsou dobře využitelné – např. většina z nich nejsou vodivé, dobře tlumí rázy, některé se dají dobře svařovat a další vlastnosti. Plasty jsou materiály s nejkratší historií, ale jejich rozvoj umožňuje nahradit konstrukční materiály, které byly do nedávna nenahraditelné.

8.1 PLASTY

Počátky výroby plastů jsou v období mezi první a druhou světovou válkou v minulém století. Jejich prudký rozvoj, který nastal zvláště v období po druhé světové válce, kdy zničený světový průmysl potřeboval nové a hlavně levné materiály znamenal, že jejich využití je bez rozdílu ve všech odvětvích průmyslu, ve sportu, lékařství atd.

Plasty jsou látky na **bázi makromolekulárních látek** složených především ze dvou hlavních prvků – **uhlíku-C** a **vodíku-H.** S nimi jsou ale ve sloučeninách i další prvky, jako **kyslík-O, dusík-N, chlór-Cl ,** a další. Jejich molekuly nejsou uspořádány pravidelně – jako např. krystaly kovů, proto nemají přesně stanovený bod tání a při namáhání např. tahem jsou náchylné k tečení.

8.1.1 Výroba plastů

Převážně se plasty vyrábějí **synteticky** ze **surovin jako je ropa a uhlí,** ze kterých se vyrábí benzen, butadien, ethylen, propylen, butylen, fenol, xylen a další látky. Z těchto surovin se poměrně složitými chemickými procesy vyrábějí **látky nízkomolekulární,** které slouží pro výrobu **látek makromolekulárních** zvaných **polymery.**

Velmi zjednodušeně můžeme říci, že dalším zpracováním **makromolekulárních látek** mohou vznikat látky zvané **lineární polymery** nebo **zesíťované polymery.** Z **lineárních polymerů** se dalším zpracováním získávají hmoty zvané **termoplasty.** Tyto hmoty se dají tepelně plasticky tvářet – proto název **termoplasty.**

Z polymerů **zesíťovaných** se sice ohřevem dá vytvořit nový tvar – buď působením tepla, nebo pomocí katalyzátorů, ale dalším působením tepla už není nové přetváření možné, dojde k vytvrzení hmoty. Tyto materiály se nazývají **reaktoplasty (dříve termosety).**

Při **vulkanizaci zesíťovaných polymerů** je umožněna velká pohyblivost celé makromolekulární sítě. Hmoty, které vulkanizací vznikají , nazýváme **elastomery.** K těmto hmotám patří např. syntetické kaučuky.

8.1.2 Vlastnosti plastů

Vlastnosti plastů	Hodnoty vlastností
Hustota	900-2200kg/m^3
Pevnost v tahu	30 – 80MPa 100 – 200MPa u vyztužených hmot
Tepelná roztažnost	cca 10 x větší jako u oceli
Tepelná vodivost	100 - 200 x menší jako u oceli
Tepelná odolnost	60 -90^{o}C běžné polymery, 100 - 120^{o}C reaktoplasty a elastomery
Hořlavost	hoří pomalu a většinou samy zhasnou
Chemická ododlnost	nekorodují, proti chemikáliím odolnější jako kovy
Zpracovatelnost	snadná a levná, hlavně termoplasty do 300^{o}C

Obr. 71 **Tabulka vlastností plastů**

Plasty jsou tvořeny makromolekulární látkou, kterou považujeme jako základní. Kromě této látky obsahují další příměsi, které však výrazně ovlivňují jejich mechanické, fyzikální, chemické a vzhledové vlastnosti. Tyto příměsi jsou: **plniva, změkčovadla, stabilizátory, nadouvadla, barviva a maziva**

Plniva jsou látky původu organického i anorganického. Do plastů se přidávají především proto, aby ovlivnila vlastnosti plast (mechanické a fyzikální) ale také jako náhrada za některé makromolekulární látky, čímž se dosáhne především cenových úspor.

Změkčovadla se přidávají do plastů jejichž tvrdost by byla velká. Přidáním změkčovadel dosáhneme větší měkkosti a také ohebnosti materiálu.

Stabilizátory jsou látky, které po přidání do makromolekulární látky zlepšují její vlastnosti. Většinou zlepšují odolnost proti UV záření a povětrnostním vlivům, zlepšují odolnost proti zvýšené teplotě, odolnost proti oxidaci a některým chemikáliím. U některých polymerů zhoršují houževnatost.

Nadouvadla po přidání do polymeru uvolňují plyny a vytváří se pěnová hmota, která může mít dutinky, které jsou **otevřené – nasákavé** např. vodou, nebo **uzavřené – nenasákavé.**

Barviva slouží k dekorativním účelům polymerů – k dosažení požadovaných barevných odstínů plastů. Některá barviva delším působením UV záření ztrácejí svůj původní odstín.

Maziva se přidávají do polymerů při jejich tváření k dosažení dobrého tečení roztaveného polymeru.

8.1.3 Názvy a užití některých důležitých plastů

Termoplasty

Polyvinylchlorid PVC – je asi nejpoužívanější plastickou hmotou.
Tvrdý PVC má dobrou tvrdost, ale je křehký, odolný proti kyselinám i zásadám, má dobrou pevnost, použitelný do teploty 60^{o}C. Díky je ho odolnost proti chemikáliím ho můžeme použít jako náhradu nerez ocelí. Slouží pro výrobu potrubí, nádrží.

Měkčený PVC – přidáním změkčovadel vzniká ohebný a měkký materiál. Při teplotách pod 0^{o}C křehne a při ohybu praská, vyrábí se z něj obuv, hračky, koženka, tapety, izolace vodičů a další.

Směs PVC s chlórovaným polyetylénem – je mírně křehký, ale odolává povětrnostním vlivům. Vyrábí se okapy, potrubní díly pro odpady.

Vinylacetát – ohebný, poměrně tvrdý, otiskuje přesně povrch formy. Je jedním z nejznámějších plastů – sloužil a dodnes ještě v malém množství slouží k výrobě gramofonových desek.

Polyetylén PE – odolává kyselinám i zásadám, teplotám do 75^{o}C, je dobrý izolant.
měkký PE při teplotách pod 0^{o}C nekřehne a je ohebný. Je vhodný pro svoji chemickou stálost pro výrobky v lékařství, potravinářském průmyslu – fólie na na balení potravin, hadice, ubrusy, sáčky, ve strojírenství jako protikorozní ochrana kovů povlakováním.

Polypropylén PP odolný teplotám až 90^{o}C. Výroba potrubí, armatur, pro horkou i studenou vodu, injekční stříkačky.

Polystyrén PS je polymerem styrenu a vyrábí se z něj hračky, hřebeny a obalový materiál. Dobře se lepí a zpracovává. Odolný teplotám až 75^{o}C, užívá se k tepelné a zvukové izolaci.

Polytetrafluoretylen PTFE = teflon odolný proti všem chemikáliím, dobrý izolátor. Těsnění, ucpávky hadice, izolace vodičů, v letecké a technice raketové technice. S uhlíkem a bronzem se užívají na nemazaná těsnění a kluzná ložiska.

Polyamidy vyráběné polykondenzací slouží k výrobě ozubených kol, ložisek, v optice na výrobu brýlí. Mimořádný význam mají plyamidová vlákna známá pod obchodním názvem **silon, perlon, kapron, dederon.**

Polyetylentereftalát PETP je termoplastický polyester užívaný k izolaci kabelů, magnetofonové pásky, nafukovací čluny a haly, hadice na vodu.

Polymetylmetakrylát PMMA – plexisklo je netříštivé organické sklo, užívané na ochranné kryty, štíty, v optice, reklamy, umývadla vany, zubařské hmoty.

Reaktoplasty a elastomery

Fenolformaldehyd – užívá se na lisovací hmoty pod názvem např. **bakelit,** k výrobě elektroizolačních součástí, držadla žehliček

Epoxidy – elektrotechnika, lepidla pro kovy, chemicky odolné podlahy, sportovní nářadí – laminátové lyže a tyče.
Polyuretan – tuhá kaučukovitá hmota má velkou otěru vzdornost a tlumící schopnost na silentbloky. **Lehčený polyuretan** těsnící pěny v chladírenství na tzv. izolační sendvičové panely, tmely, bezpečnostní obložení ve vozidlech.

Polyestery – jsou pojivem pro skleněná vlákna případně skleněné tkaniny – výroba tzv. skleněných laminátů s pevností přes 250MPa. Odolávají teplotám do 120^{o}C. Užívají se na výrobu karoserií, lodí, bazény, střešní krytiny a další.

Silikony – jsou organické sloučeniny křemíku s kyslíkem, odpuzují vodu a mají velkou odolnost proti stárnutí a odolnost proti teplotám až 200^{o}C. Vyrábí se z nich maziva pro letecký průmysl, tuhnou až při teplotě -70^{o}C, a jejich viskozita se téměř nemění ani při nízkých teplotách. Slouží pro výrobu hydraulických olejů, na izolace a teplem tvrditelné laky.

Polychloropren – odolává povětrnostním podmínkám, olejům a slabým chemikáliím. Užívá se k výrobě dopravních pásů, hadic venkovních těsnění.

Číselná značka	Význam třetí a čtvrté číslice ve značce
64 xx xx	Třída norem plasty
64 xx xx	2 – teplem tvrditelné 3 – teplem tvárné 4 – hmoty vrstvené - lamináty
64 xx xx	Druh pryskyřice
64 xx xx	Pořadové číslo
První doplňkové číslo za tečkou značí tekutost. Druhé, případně třetí doplňkové číslo značí barvu a odstín	

Obr. 72 **Číslování plastů**

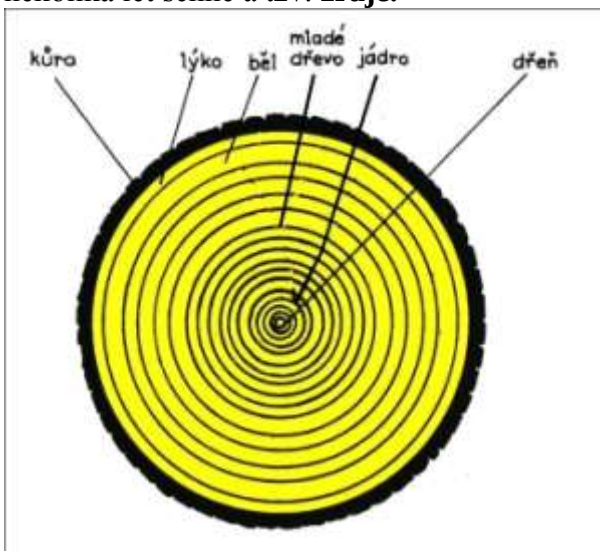
8.2 DŘEVO

Dřevo je přírodní materiál, který se ve strojírenské výrobě používá přímo jako konstrukční materiál nebo jako surovina pro výrobu dalších technických materiálů.

8.2.1 Vlastnosti dřeva

Závisí především na druhu dřeva, na jeho stáří, na klimatických podmínkách jeho růstu. Nevýhodou dřeva je jeho nestejnoměrná struktura, schopnost absorbovat vodu – bobtnavost nebo naopak sesychavost, náchylnost k hnití. Má nízkou hustotu 0,5kg/dm^{3}, pevnost ve směru vláken je kolem 100MPa, nízká tepelná vodivost, tlumení zvuku. Je snadno obrobitelné, dobře se spojuje a lepí. Proti působení povětrnostních podmínek se dřevo napouští chemickými látkami – **impregnuje**, nebo chrání nátěry.

Impregnace dřeva je ochrana dřeva proti hnilobě, škůdcům a vlhkosti. Hlavní vlastnosti impregnačních látek musí být dlouhodobá chemická stálost, jedovatost pro hmyz, prostupnost do dřeva a ochrana proti houbám a plísním. Například dřevo, které má být umístěno do půdy (sloupy a pražce) se konzervuje olejem tak, že se do něj ponoří a ohřívá na bod varu vody. Ta se ze dřeva za této teploty vypařuje a je nahrazována olejem. Pro výrobu některých výrobků je třeba dřevo vysoušet, což se může dělat uměle vzduchem nebo párou, vysokofrekvenčním proudem nebo infračerveným zářením (světlem). Dřevo pro výrobu hudebních nástrojů musí být rozděleno (kmen je rozseknut na několik částí), uloženo na suchém místě a po dobu několika let schne a tzv. **zraje.**



Obr. 73 **Průřez kmenem – rozložení dřeva**

8.2.2 Druhy dřeva a jejich využití

Dřevo podle jeho vlastností můžeme rozdělit na dřevo **měkké a tvrdé,** podle druhu stromů na dřevo stromů **jehličnatých a listnatých.** Dřevo stromů jehličnatých i listnatých může být tvrdé i měkké. Dřevo domácích stromů jehličnatých je většinou měkké, není příliš pevné, snadno je štípatelné, s obsahem pryskyřic.

Domácí druhy **jehličnatého dřeva** jsou cenově levné.

Smrk – má dřevo světlé, ne příliš kvalitní, je měkké, lehké, pružné, za sucha dosti štěpné. Užívá se pro stavební konstrukce, střešní konstrukce, výztuže přepravních beden, obaly strojů. Ale i pro výrobu hudebních nástrojů

Borovice – dřevo je tmavší jako smrkové, podobného využití jako smrk, obsahuje více pryskyřice, je však tvrdší a odolnější povětrnostním vlivům. Je hůře zpracovatelné, užívá se na výrobu kádí, van a pro venkovní účely – je trvanlivější.

Jedle – má tmavší dřevo než smrk, je pružnější, tvrdší a lehčí než smrkové. Užití je podobné jako u smrkového, na výrobu modelů pro slévárny.

Modřín – poskytuje nejkvalitnější dřevo z našich jehličnatých stromů. Je netvrdší z jehličnatých, trvanlivé a pevné. Málo sesychá a dobře se zpracovává. Má dobře vypadající kresbu, pěkný vzhled, při namočení vyschlého dřeva dostává modrý barevný odstín. Využití v nábytkářství, výroba pro stavební účely – okna, dveře a další výrobky. Je poměrně drahé.

Dřevo listnatých stromů – domácí stromy mají dřevo měkké i tvrdé. Tvrdé dřevo neobsahuje tolik pryskyřice, není tak štípatelné jako dřevo stromů jehličnatých, mají hustou strukturu, dobrou pevnost a velmi pěkný vzhled. Slouží k výrobě nábytku, dýh, hudebních nástrojů, sportovního nářadí a k uměleckým účelům.

Buk - má dřevo pevné, tvrdé a těžké, je dobře štěpné a zpracovatelné. Pro dekorativní účely se dá velmi dobře leštit a mořit. Dřevo má načervenalé s jemnou strukturou. Menší trvanlivost se odstraňuje jeho pařením nebo impregnací. Bukové dřevo má nejširší uplatnění ze všech listnatých stromů.

Dub – má dřevo velmi tvrdé, pevné a těžké. Je řidší než bukové. Dobře se moří ale hůře leští. Použití má podobné jako dřevo bukové.

Topol – má dřevo měkké, lehké, málo trvanlivé a málo pevné. Má malou sesychavost a jeho největší využití je při výrobě překližek. Užívá se také při výrobě dýhovaného nábytku.

Lípa – má dřevo bílé barvy, zbarvené jednotně, někdy s nádechem do hněda nebo zlutočervena. Je měkké, lehké, velmi dobře zpracovatelné a štípatelné. Užívá se ho nejvíce k řezbářským účelům a modelářství.

Olše – má dřevo měkké, lehké štípatelné a dobře zpracovatelné. Odolné vodě, málo pevné a málo pružné, spíše křehké. Jeho zbarvení je tmavě oranžové do červena. Užívá se k imitaci vzácných dřevin jako je mahagon nebo palisandr.

Bříza – má dřevo bílé barvy, tvrdé, pružné ale zároveň houževnaté. Dřevo je málo trvanlivé. Užívá se k výrobě dýh, překližek, v řezbářství, k soustružení, výroba pažeb střelných zbraní. Někdy i k imitaci mahagonu.

Osika – má dřevo barvy šedo, nebo žluto bílé, měkké, lehké a málo pevné. Dřevo je málo sesychavé a užívá se hlavně na výrobu dýh, překližek a na obklady stěn.

Jilm – má dřevo barvy bíložluté tmavým jádrem. Je těžké, pevné a houževnaté, hůře zpracovatelné. Hlavně dýhy a obklady stěn.

Javor – má bílé dřevo s krásným leskem, husté a těžké, ohebné a pružné. Je dobře zpracovatelné, užívá se na modely pro slévárny, dýhy a na nábytek.

Jasan – má bílou barvu s odstínem růžové, se světle hnědým jádrem, houževnaté, pružné pevné a tvrdé dřevo. Má dobrou zpracovatelnost a leštitelnost. Užití na sportovní nářadí v nábytkářském průmyslu, na výrobu dýh

Ovocné dřeviny – třešeň, jabloň, hruška, švestka, ořech, meruňka a další. Dávají zbarvené dřevo většinou do červené nebo červenohnědé barvy. Využívá se k výrobě nábytku, dýh, modelů pro slévárny.

Cizokrajná dřeva pocházej většinou z tropických krajů. Jsou drahá a užívají se pouze pro výrobu hudebních nástrojů a sportovního nářadí.

Korek – je to kůra z korkového dubu z Afriky nebo středomoří. Je lehký a má dobrou tepelnou izolační schopnost, velký součinitel tření. Je pružný, odolný chemikáliím. Výroba zátek, třecích lamelových spojek, podložky, zvukové izolace.

8.3 SKLO

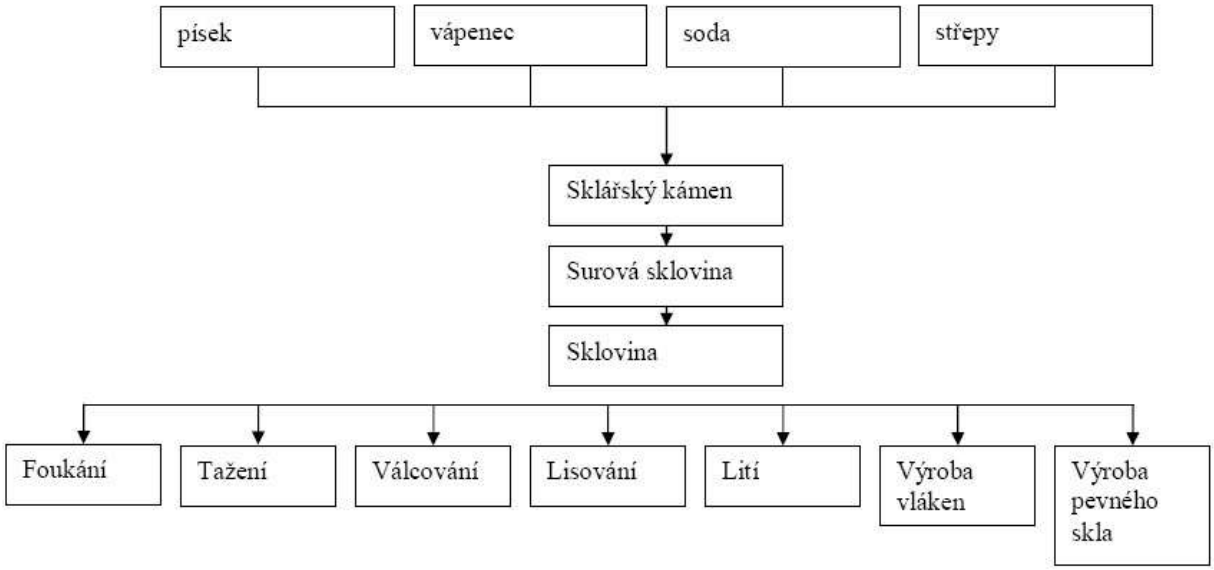
Výchozí surovinou pro výrobu skla je kysličník křemičitý. Sklo se vyrábí tavením tzv. **sklářského kmene** což je křemičitý písek, vápenec, soda, skleněný odpad a další přísady. Výrobky se zhotovují litím, foukáním lisováním a dalšími způsoby. Skla dělíme podle přísad a podle zpracování na skla s různými vlastnostmi. Vhodný druh namáhání pro sklo je tlak. Propustnost skla pro různé vlnové délky světla je velmi důležitá a je ukazatelem pro jeho užití U skla můžeme ještě udávat odraz a lom světla.

8.3.1 Druhy skla a jejich užití

Bezpečnostní sklo
Vyrábí se z bezpečnostních důvodů. Užití je u vozidel, kde se používá buď sklo **vrstvené**, které se po nárazu sice popraská, ale nerozpadne se. Nebo sklo **tvrzené,** které se po nárazu rozpadne na velké množství malých kousků. Sklo s drátěnou vložkou má uvnitř zalitou drátěnou síť, která drží sklo, které když praskne, je drženo drátěnou vložkou. Užívá se ve stavebnictví.

Konstrukční sklo
Je hladké sklo, odolné chemikáliím, Jeho využití je v průmyslu na výrobu potrubí, vodoznaky, reklamy, v potravinářském a farmaceutickém průmyslu, lékařství. Na svítidla, jako stavební materiál v optice atd.

Nenamrzající skla
Jsou to skla částečně vodivá, která se zahřívají odporem při průchodu proudu.



Obr. 74 **Schéma výroby skla**

8.4 TECHNICKÁ PRYŽ

Pryž vzniká vulkanizací kaučuku. Kaučuk můžeme získat v přírodě srážením kaučukového mléka (strom ***kaučukovník***) nebo syntetický kaučuk je plastický materiál získaný polymerací. Do kaučuku se přidávají další látky – **vulkanizační činidla**, jako je např. **síra, plniva** a další přísady, které pryž upravují do podoby, v jaké ji známe (změkčování, zbarvení atd.). Vulkanizace je ohřev kaučuku na vyšší teplotu, kdy se z materiálu plastického, právě účinkem síry stává materiál elastický. Většina pryžových výrobků se lisují za současné vulkanizace, která probíhá přímo v lisovací formě. Vlastnosti hotového pryžového výrobku jsou dány složením kaučukové směsi, tj. množstvím plniv vulkanizačních činidel, přísad a také na způsobu – technologii zpracování kaučuku.
Využití pryže je téměř ve všech odvětvích průmyslu a lidské činnosti. Počínaje automobilním průmyslem, kde je asi spotřeba největší, potravinářský průmysl, zdravotnictví atd. Na výrobu pneumatik, řemenů, obuvi, rukavice, dopravních pásů, hadic izolací v elektrotechnice, tlumící prvky, obložení atd.
Starou pryž je možno regenerovat. Ze staré pryže získaná surovina se přidává buď do pryže nové nebo slouží pro výrobu součástí podřadnějšího významu.

pryž
62 2x xx
gumárenský průmysl

Obr. 75 **Značení pryže**

8.5 TECHNICKÁ KERAMIKA

Suroviny pro výrobu technického porcelánu získáváme rozemletím minerálních hmot. Tvar dostává výrobek formováním. Následuje pálení při vysoké teplotě při kterém dochází ke slinutí prášku – podobný proces jako u práškové metalurgie.

Produkty technické keramiky jsou:

- technický porcelán,
- technická kamenina,
- tavený čedič.

Technický porcelán se vyrábí z kaolinu. Rozemletá směs se pak zpracuje lisováním, vytlačováním nebo litím. Na vysušený výrobek se nanese povlak zvaný glazura. Následuje vypalování v peci při teplotě 1500^{o}C. Vznikne tvrdý výrobek s pórovitou strukturou, má nižší pevnost při namáhání rázy, velkou tepelnou odolnost (nemění své vlastnosti se vzrůstající teplotou). Jsou to výborné elektrické izolanty. Výrobky vydrží tepelné namáhání kolem 1000^{o}C Využití těchto materiálů je hlavně v elektrotechnice, ale i v dalších odvětvích průmyslu.

Technická kamenina – výchozí surovinou jsou kameninové jíly. Hmota se vypaluje při teplotách až 1300^{o}C. Od technického porcelánu se liší tmavší barvou – zbarvení do hněda. Je křehký, má dobrou odolnost proti chemikáliím. Proto se využívají výrobky z kameniny pro účely chemického průmyslu – výroba van na chemikálie. V současné době je stále více nahrazována plasty, které mají menší hustotu, jsou odolnější proti chemikáliím a mají lepší zpracovatelnost.

Tavený čedič – je snadno tavitelný, **rychlým** ochlazením taveniny vzniká sklovitá hmota, **pomalým** ochlazením hmota krystalická. Mechanické vlastnosti závisí na druhu a velikosti krystalů. Tuto velikost krystalů můžeme řídit rychlostí chladnutí taveniny. Výrobky se lijí podobně jako litina, do forem. Výrobky mají vysokou tvrdost a velmi dobrou odolnost proti otěru a opotřebení. Využívají se všude tam, kde je velké namáhání součástí otěrem, např. žlaby na dopravu kamení, štěrku a další.

8.6 BRUSIVO

Broušení je třískové obrábění materiálu. Broušení se používá tam, kde není možné použít jiné způsoby obrábění, tj. pro obrábění materiálů velmi tvrdých - kovových i nekovových nebo k ostření břitů obráběcích nástrojů. Brousící nástroje se vyrábějí většinou ze dvou základních komponentů – z **brusiva** a **pojiva.**

Brusiva jsou ostrohranné látky, různé zrnitosti (velikosti zrn), které jsou spojeny do jednoho celku (např. brusného kotouče různých tvarů) pomocí různých druhů **pojiva.**

Podle původu jsou brusiva přírodní nebo umělá.

Podle tvaru, který je třeba pro jednotlivé druhy broušení, dělíme brusiva na:

- **volná zrna** (brousící, lapovací a leštící prášky, které jsou volně rozptýleny většinou v kapalinách nebo pastách),
- **brousící nástroje** (zrna jsou slisována a stmelena do nástrojů různých tvarů, většinou kotoučů nebo segmentů různými druhy pojiv).

Použití umělých nebo přírodních brusiv záleží na druhu materiálu obráběných ploch, na kvalitě opracování. Při volbě brusiva je důležitá i jeho cena. Vzhledem k tomu, že přírodní brusiva nemají stejnou kvalitu, používá se ve stále větší míře brusivo umělé.

Přírodní brusiva podle tvrdosti:

- **diamant,**
- **přírodní korund,**
- **smirek,**
- **granát,**
- **křemen,**
- **pazourek,**
- **pískovec.**

Umělá brusiva: karbid boru, karbid křemíku, tavený oxid hliníku (umělý korund).

Výroba brusných nástrojů, značení, tvary nástrojů, jejich užití a další témata týkající se broušení a brousících nástrojů, budou předmětem technologie obrábění broušením.

Dalšími nekovovými materiály, které se používají nejen ve strojírenství ale i v jiných průmyslových odvětvích, v kultuře, zdravotnictví, sportu atd. jsou kůže, textilie, papír.

8.7 MAZACÍ PROSTŘEDKY

Mazací prostředky jsou materiály, pomocí kterých zlepšujeme tření dvou součástí, které se po sobě pohybují, ať už se jedná o pohyb valivý nebo posuvný (u tohoto pohybu je mazání obzvláště nutné). Žádná součást není vyrobena tak, aby měla ideálně hladký povrch, o čemž se můžeme přesvědčit pod mikroskopem. Obráběním řeznými nástroji vznikají v povrchu součástí rýhy – stopy po břitu nástroje, které způsobují **drsnost povrchu**. Pokud by se dva kovové materiály po sobě posouvaly, docházelo by ke kontaktu kovu s kovem a v místech dotyku by docházelo při pohybu k velkému tření, vzniku tepla, případně by se součásti vzájemně odíraly a ve stykové ploše by vznikaly drobné piliny. Síla, která by byla potřebná pro zachování pohybu, by byla velká. Pokud naneseme na styčné plochy mazací prostředky, vyplní mazivo prohlubně a rýhy způsobené nástroji. Pokud bude maziva dostatečné množství, vytvoří se mezi součástmi film z maziva. Obě plochy se už pak nebudou dotýkat, ale budou plavat na vrstvičce maziva a tření včetně teploty se téměř odstraní.
Tření podle velikosti a kvality mazání je **suché –** bez přítomnosti maziva; **polosuché –** vzniká tam, kde je maziva příliš málo a plochy součástí se v některých místech dotýkají; **kapalinné tření** – z maziva je vytvořen souvislý film a plochy jsou odděleny filmem z maziva.

Druhy maziv

Podle původu maziva dělíme na **rostlinné oleje, živočišné tuky a minerální maziva.**
Pro potřeby strojírenství se používají téměř výhradně **minerální maziva.** Surovinou pro výrobu těchto maziv je především ropa. Minerální maziva dále dělíme podle jejich skupenství na **mazací oleje**(při běžné teplotě jsou kapalné) **a mazací tuky** (při běžné teplotě netečou, jsou gelovité.

Mazací oleje – nejdůležitější vlastností mazacích olejů je jejich **viskozita** neboli **vazkost oleje.** Viskozita udává velikost vnitřního tření. Jinak řečeno – **čím je olej hustší, tím má větší viskozitu.** Oleje nemusí sloužit jen k mazání součástí. Používá se jich jako tzv. **řezných kapalin** při třískovém obrábění. Jsou to minerální oleje, které jsou zušlechtěné přísadami.

Tyto oleje pak nazýváme **řezné oleje.** Přivádíme je při obrábění do místa řezu, kde mají za úkol nástroj mazat a zároveň odvádět teplo vznikající při oddělování třísek.

Mazací tuky jsou látky, které se vyrábí z minerálních olejů, organických tuků a dalších přísad. Požívají se tam, kde užití olejů není vhodné, např. v **prašném prostředí,** tam, kde **nemají součásti vysoké otáčky**, tam, kde jsou **vysoké tlaky** a olejový film by se z prostoru mezi součástmi vytlačil a došlo by k **polosuchému** tření. Nedá se použít tam, kde je třeba odvádět teplo a místo nejen mazat ale zároveň chladit.

Shrnutí

- V této kapitole jsme se seznámili nekovovými materiály.
- Plasty dělíme na **termoplasty, reaktoplasty a elastomery.**
- **Termoplasty se dají** teplem tvářet, **reaktoplasty** se tvářet dále teplem **nedají, elastomery jsou elastické.**
- Rozvoj výroby plastů je největší ze všech technických materiálů **nahrazují na mnoha místech kovy**, například při výrobě ložisek.
- Dřevo je přírodní materiál, dělíme ho na **tvrdé a měkké**, vyrábí se výztuže, lešení, dýhy, nábytek a další. Je náchylné k hnití a je nasákavé.
- Sklo se vyrábí z kysličníků křemíku jeho tavením. Vyrábí se **bezpečnostní sklo, konstrukční sklo, nezamrzající sklo.**
- Pryž je materiál vyráběný **vulkanizací kaučuku**, užívá se nejvíce na výrobu pneumatik, dopravní pásy, hadice.
- Technická keramika má tyto produkty: **technický porcelán, technická kamenina, tavený čedič.**
- Brusivo se vyrábí z brusných zrn, která jsou buď rozptýlena, nebo slisována do určitého tvaru brusného nástroje pomocí pojiva, brusivo je přírodní nebo umělé.
- Maziva dělíme na mazací oleje a mazací tuky, u mazacích olejů je nejdůležitější vlastností viskozita. Maziva jsou původu rostlinného, živočišného a minerální.

Otázky a úkoly:

1. Jaké druhy nekovových materiálů znáte?
2. Jak rozdělujeme plasty?
3. Jaké druhy dřeva znáte?
4. Jaká surovina slouží pro výrobu pryže?
5. Jaká je výchozí surovina pro výrobu skla a jaké druhy skla znáte?
6. Jaké jsou produkty technické keramiky a jejich užití v praxi?
7. Co jsou to maziva a jak je rozdělujeme?
8. Jaké druhy tření rozeznáváme?

9. TEPELNÉ A CHEMICKO-TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ KOVŮ

CÍLE:

Po prostudování této kapitoly dokážete:

- Nakreslit diagram Fe – Fe_3C a popsat důležité teploty a struktury diagramu.
- Vyjmenovat a stručně popsat druhy tepelného zpracování.
- Vyjmenovat a stručně popsat druhy chemicko-tepelného zpracování.
- V diagramu Fe – Fe_3C umět vyznačit rozmezí teplot jednotlivých způsobů tepelného a chemicko-tepelného zpracování.
- Přiřadit doplňkové číslice (již dříve probrané) z číselné značky oceli pro druhy tepelného zpracování.

9.1 DIAGRAM FE – FE_3C (DIAGRAM ŽELEZO – KARBID ŽELEZA)

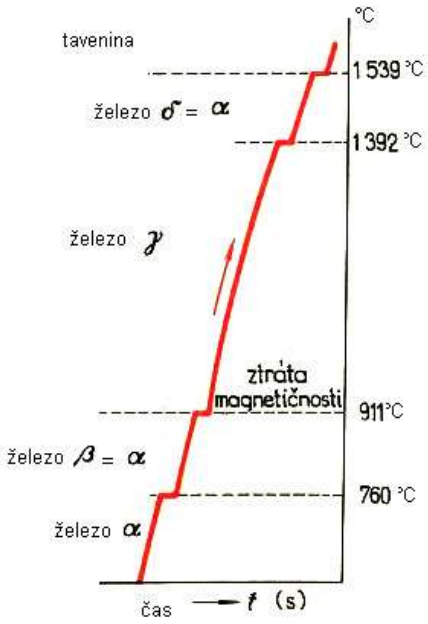
Železo, které vyrábíme dříve popsanými způsoby, není chemicky čisté, což ani není žádoucí, protože vlastnosti čistého železa nejsou příliš dobré ke konstrukci strojních součástí. Některé prvky, které se přidávají do tekutého železa při jeho výrobě **zlepšují mechanické** i další vlastnosti – jsou to např. **C, Cr, Si, Mn, Co** a další – **prvky žádoucí**, některé naopak jsou v železe **nežádoucí a jeho vlastnosti zhoršují.** Je to např. **P nebo S** – **prvky nežádoucí**. **Největší vliv** má však na železo **obsah uhlíku - C** Železo, stejně jako i ostatní kovy, je materiál krystalický. **Železo krystaluje ve dvou formách krychlové mřížky** (tvar krystalu je krychle).

První formou jsou krystaly **prostorově středěné –** jinak nazývané **železo α (alfa).** Tato krystalová mřížka má v každém vrcholu krychle jeden atom železa = 8 atomů a jeden atom na průsečíku tělesových úhlopříček = celkem 9 atomů.

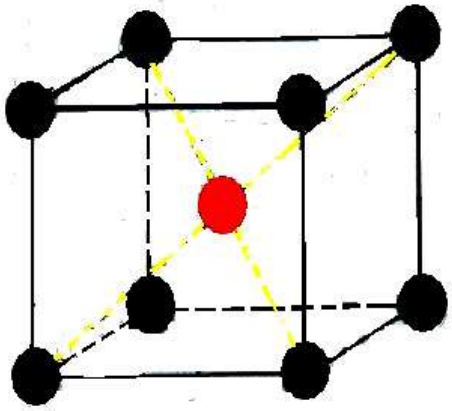
Druhá forma krystalů jsou **krystaly plošně středěné –** jinak nazývané **železo γ (gama).** Tato krystalová mřížka má stejný počet krystalů v každém vrcholu krychle = 8, ale další atomy má v průsečíku úhlopříček každé stěny krychle = 6, celkem tedy 14 atomů.

Při zahřívání čistého železa – čisté železo s 0% uhlíku je na svislé ose diagramu **Fe – Fe_3C-** zjistíme, že při některých teplotách, přesto, že železo stále zahříváme, **teplota kovu nestoupá**. Důvodem tohoto jevu je, že **při těchto teplotách dochází ke změně tzv. modifikace** železa (stejný jev jako při změně skupenství vody), u železa dochází ke změně krystalové mřížky. Je to při teplotách **760°C, 911°C, 1392 a 1539°C**

Při teplotě **760°C** se mění **železo alfa na železo beta,** což je ovšem **stejný druh krystalu – tj krystal prostorově středěný,** takže můžeme říci, že ke změně mřížky nedojde, zůstává **železo alfa. Železo ztrácí magnetizmus**
Při teplotě **911°C dojde ke změně mřížky alfa na mřížku gama.**
Při teplotě **1392°C dojde ke změně mřížky gama na mřížku delta = alfa.**
Při teplotě **1539°C dojde ke změně skupenství železa – železo taje – vzniká tavenina**

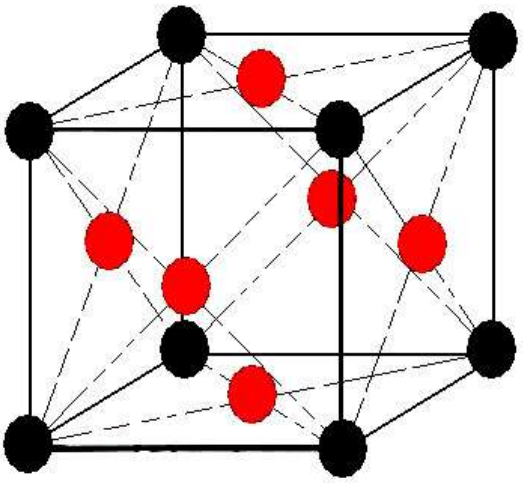


Obr. 76 **Změna modifikací železa při ohřevu**



krystalová mřížka prostorově středěná-železo alfa (9 atomů)

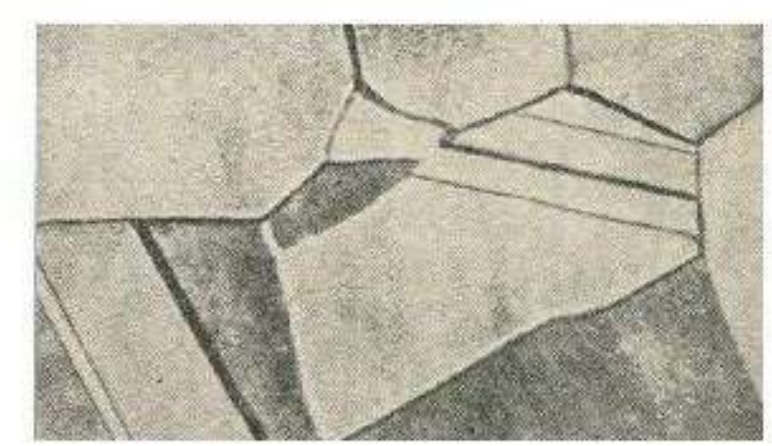
Obr. 77



krystalová mřížka plošně středěná-železo gama (14 atomů)

Obr. 78

Uhlík má v porovnání s železem atomy několikanásobně menší. Uhlík má schopnost tvořit s železem tzv. **tuhé roztoky**, když se jeho atom nebo atomy dostanou do mezer v krystalové mřížce železa. Přestože je v železe **γ (gama)** více atomů jako v železe **α (alfa),** tvoří se tuhý roztok uhlíku převážně s **železem gama. Tento tuhý roztok uhlíku s železem se nazývá austenit** a **začíná vznikat až při teplotě železa 723°C** až do teploty **1492°C**. Tato **struktura (**uspořádání krystalů říkáme **struktura)** má velký význam při tepelném zpracování železa, zvláště při **cementování a kalení.**



struktura austenitu 2000x zvetšená-stejnorodá zrna

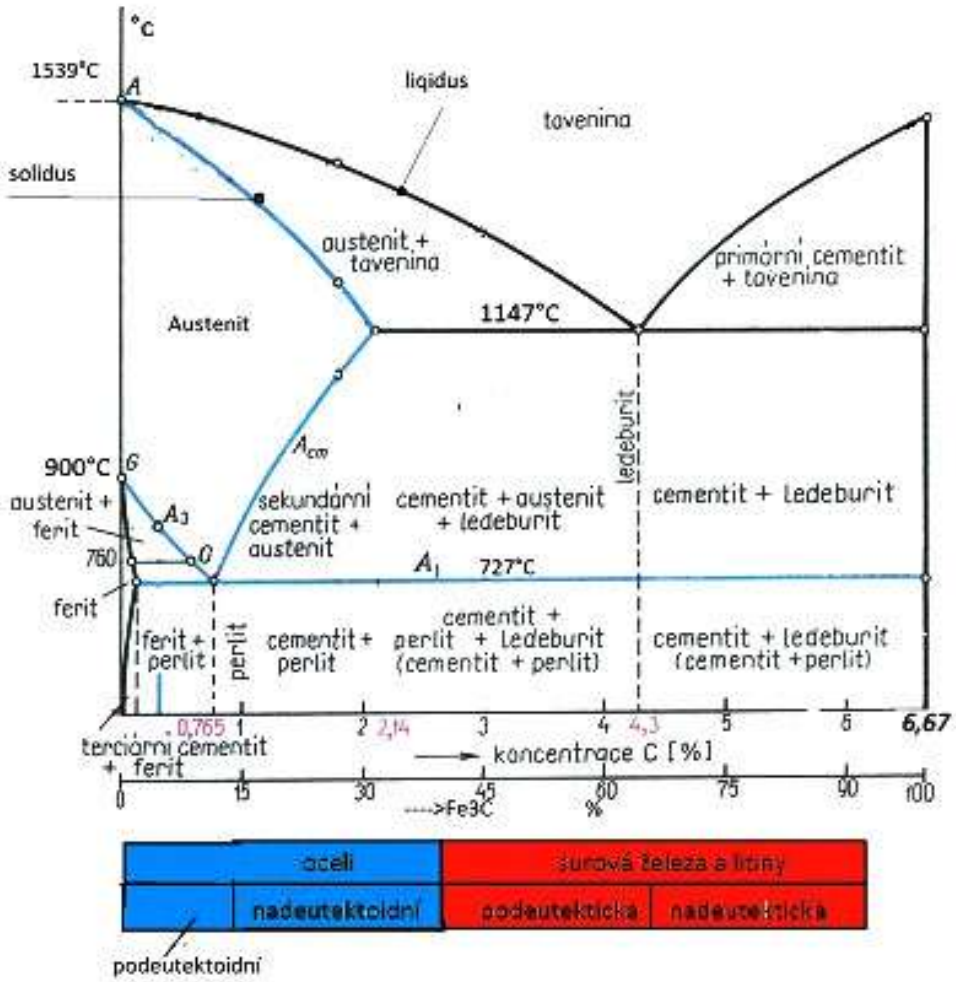
Obr. 79

V diagramu **Fe – Fe_3C** leží struktura **austenitu** při ohřevu ocelí nad čarami A_1, A_3 a A_{cm}, kde tyto čáry znamenají začátky přeměn ostatních struktur železa, které vytváří železo s uhlíkem při nižších teplotách, právě na strukturu austenit.

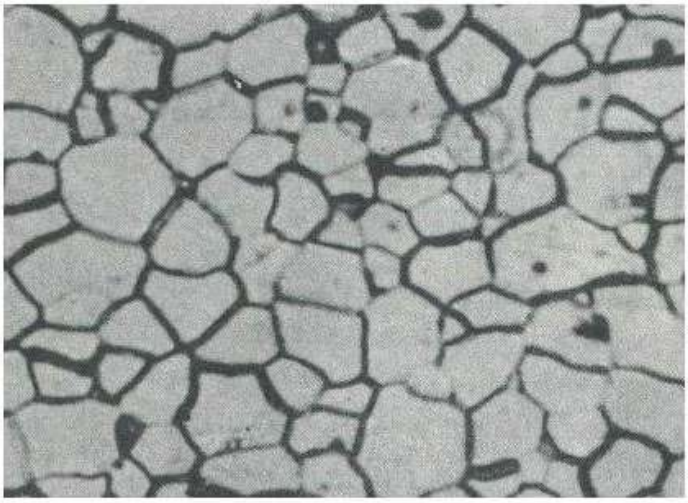
Diagram **Fe – Fe_3C** ukazuje, jak se mění se vzrůstajícím obsahem uhlíku a s rostoucí nebo klesající teplotou jednotlivé struktury železa, jak se mřížka **alfa** mění na mřížku **gama při** ohřevu nebo naopak, při chladnutí oceli. Do přední části diagramu – v oblasti ocelí (do max. obsahu C 2,14%), budeme v dalších kapitolách vyznačovat rozsahy teplot při tepelném a chemicko-tepelném zpracování.

Oceli s obsahem uhlíku pod **0,8%** nazýváme **podeutektoidní,** oceli s obsahem uhlíku nad **0,8%** nazýváme **nadeutektoidní.**

Austenit je tuhý roztok C s železem gama, nemagnetický, tvárný, houževnatý.
Ferit je tuhý roztok C s železem alfa (téměř čisté Fe), magnetický do 768^oC, tvárný, měkký.
Cementit je to karbid železa - Fe_3C, má velkou tvrdost a velkou křehkost bílé barvy.
Perlit je složen z feritu a cementitu**,** pevný, málo tvárný.



Obr. 80 **Diagram Fe-Fe_3C**



Struktura feritu- 100x zvětšeno

Obr. 81

Tepelné zpracování materiálu

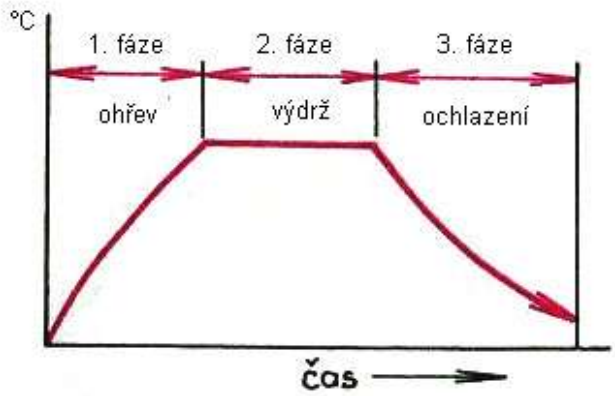
9.2 ŽÍHÁNÍ

Všeobecně o tepelném zpracování
Železo, které nakoupíme ve velkoobchodu nebo přímo z hutních provozů, nemá v mnoha případech takové mechanické vlastnosti, které potřebujeme pro hotové výrobky. Již dávno však bylo zjištěno, že když železo zahříváme na určitou teplotu, na které ho po určitou dobu ponecháme a pak různě rychle ochladíme, že svoje vlastnosti výrazně změní. Můžeme tedy říci, že **každý způsob tepelného zpracování** (ať už se jedná o žíhání nebo kalení a další způsoby) **se skládá ze tří základních fází.**

První fáze – ohřev – teplota ohřevu je závislá na druhu tepelného zpracování, je jiná u žíhání, jiná u kalení.

Druhá fáze – výdrž na teplotě – výdrž je opět různě dlouhá, záleží na druhu tepelného zpracování ale i na velikosti součásti.

Třetí fáze – **ochlazení** – rychlost ochlazení se taktéž liší u jednotlivých druhů tepelného zpracování (ochlazování může být i přerušeno - při ochlazení na určitou teplotu se součást ponechá např. v peci, aby se dál neochlazoval, a po určité době se pokračuje dál s ochlazením)



Obr. 82 **Schéma průběhu obecného tepelného zpracování**

Žíháním dosáhneme u oceli téměř tzv. **rovnovážného stavu**. Zkráceně řečeno, ocel ztratí určitou část své tvrdosti, zmenší se vnitřní pnutí, vyrovnají se krystaly deformované např. tvářením-válcováním, zlepší se obrobitelnost, houževnatost a další vlastnosti. Žíhat můžeme oceli, litiny i neželezné kovy. Žíhání je více druhů, my se seznámíme jen s některými, které se užívají nejvíce

Postup při žíhání:

- **pomalý ohřev na teplotu žíhání** (žíhací teplota závisí na druhu žíhání)
- **výdrž na této teplotě po určitou dobu**
- **pomalé ochlazování až na běžnou teplotu**

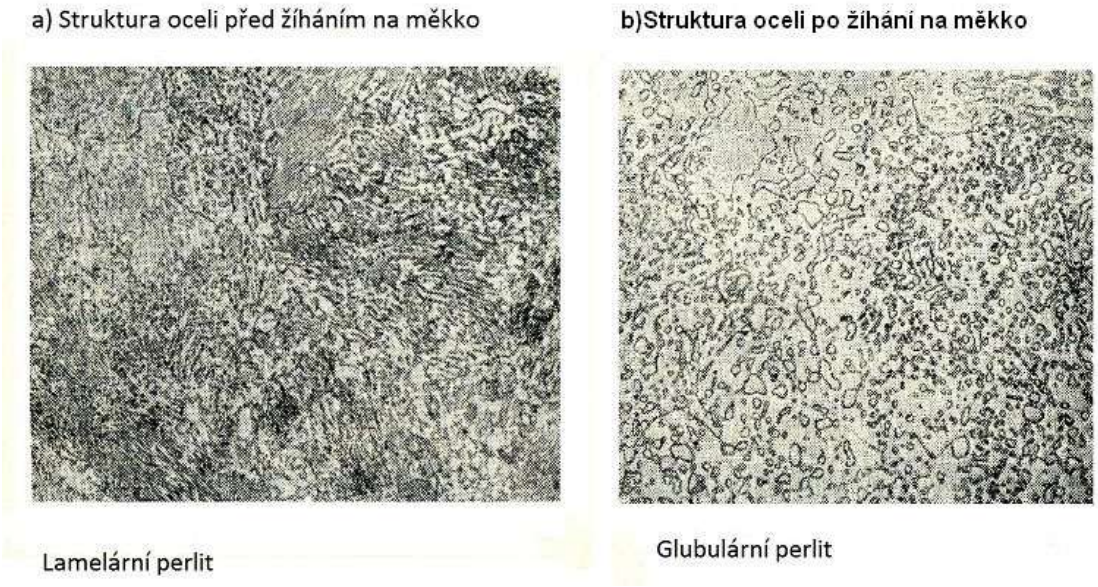
9.2.1 Rozdělení žíhání

- **Žíhání bez překrystalizace** (ohřev je na teploty do 727^{o}C – čára $A_{1,}$ nebo těsně nad čáru A_1),
- **Žíhání s překrystalizací** (ohřev nad křivky A_3 a A_{cm}).
- **Žíhání bez rekrystalizace -** žíhání na měkko, žíhání rekrystalizační, žíhání ke snížení vnitřního pnutí.
- **Žíhání s rekrystalizací -** žíhání normalizační.

9.2.2 Druhy žíhání, postup a užití

Žíhání bez překrystalizace

Žíhání na měkko (první doplňková číslice je 3) – materiál ohřejeme zvolna těsně pod 727^{o}C – čára $A_{1,}$ u ocelí s uhlíkem nad 0,8% může být teplota dokonce až nad 727^{o}C – čáru $A_{1.}$Následuje výdrž na této teplotě po dobu několika hodin, třetí fáze je pomalé ochlazování na teploty kolem 500^{o}C v peci a pak následuje pomalé dochlazování, někdy dochlazení na vzduchu. Tvrdá struktura lamelárního perlitu se tímto postupem změní na perlit globulární – kuličkový. Tato struktura má velmi dobrou obrobitelnost, kuličkový perlit je struktura vhodná pro tváření za studena a u ocelí s uhlíkem nad 0,8% se zlepší vhodnost ke kalení, protože pokud je struktura před kalením rovnoměrná, nevzniká po kalení velké pnutí v materiálu.



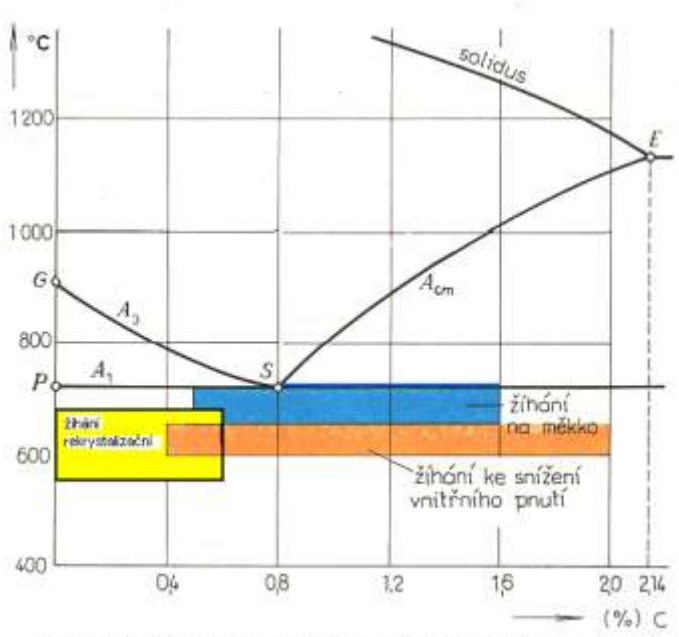
Obr. 83

Žíhání rekrystalizační (**rekrystalizace** znamená **ozdravení** deformovaných krystalů po předchozí tváření za studena. Pojem **rekrystalizace** není stejný jako **překrystalizace**, který znamená změnu krystalové mřížky třeba mřížka **alfa** na **gama**) - u tohoto žíhání tedy nedochází ke změně krystalové mřížky, pouze k zotavení-ozdravení deformovaných krystalů (někdy říkáme místo **výrazu krystal, výraz zrno**). Krystaly byly deformovány při tváření za studena, např. válcováním nebo lisováním. Rekrystalizací se deformovaná zrna zotaví, neboli

získají přibližně svůj původní tvar a materiál můžeme tvářet dál. Bez tohoto žíhání by to už nebylo možné – deformovaná zrna by už nešla dále tvářet – došlo by k porušení materiálu.

Postup při žíhání je tento. Materiál ohříváme na teplotu nižší jako u předchozího způsobu – pod čáru A_1 – na teplotu v rozmezí 550 až 680°C. Platí zásada, že čím větší je při tváření deformace materiálu, tím nižší by měla být žíhací teplota. Následuje výdrž na teplotě. Pokud je tato výdrž dostatečně dlouhá, může být žíhací teplota také o něco nižší. Aby nedošlo k okysličování povrchu žíhané součásti, používáme při žíhání ochrannou atmosféru. Následuje pomalé ochlazování, které můžeme urychlit nucenou cirkulací ochranné atmosféry. Tohoto žíhání užíváme mezi dvěma tvářeními.

Žíhání ke snížení (nebo odstranění) vnitřního pnutí – tento druh žíhání má nejnižší žíhací teploty. Teploty ohřevu jsou v rozmezí 500-650°C. Důležitý je pomalý rovnoměrný ohřev, k němuž se v peci používá nucené cirkulace atmosféry. Výdrž na žíhací teplotě, je 1-10 hodin, podle velikosti a tvaru žíhaného výrobku. Třetí fází je pomalé ochlazení na teploty kolem 300°C v peci a pak následuje o něco rychlejší dochlazení na vzduchu. Účelem tohoto žíhání je odstranění nebo zmírnění vnitřního pnutí, které mohlo vzniknout např. při svařování rychlým ochlazením svaru, při tváření za studena, při obrábění – odběrem velké třísky a dalšími vlivy.



Rozsah žíhacích teplot při žíhání bez překrystalizace

Obr. 84

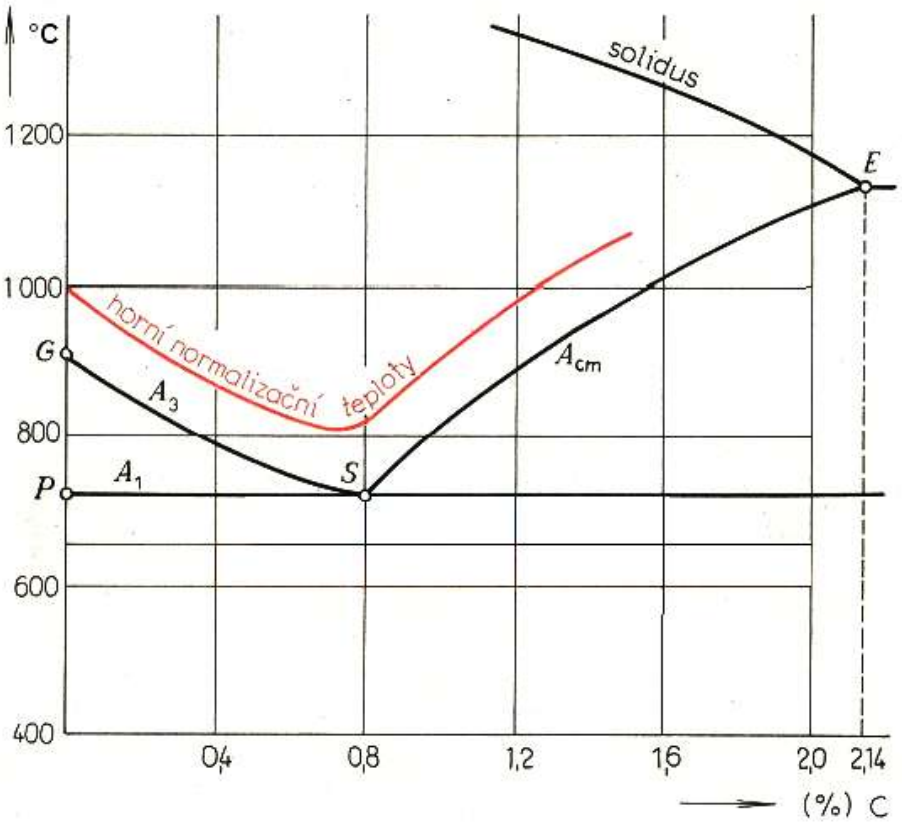
Žíhání s překrystalizací

Žíhání normalizační (první doplňková číslice je 1. Pokud následuje po tomto žíhání ještě popouštění je **první doplňková číslice = 5. U Normalizačního žíhání** dochází k překrystalizaci, to znamená, že s přechodem na žíhací teplotu (která u tohoto způsobu žíhání leží v diagramu **Fe – Fe_3C** nad křivkami A_3 a A_{cm}), se změní krystalová mřížka **alfa na gama. Při tomto žíhání se dostáváme do oblasti austenitu.**

Teplota normalizačního žíhání se mění se stoupajícím obsahem C, v poměrně velkém rozsahu 750-950°C.

Postup žíhání spočívá v ohřevu na žíhací teplotu, při které dochází k překrystalizaci. Výdrž na této teplotě by měla být dostatečně dlouhá, aby došlo k přeměně na austenit v celém průřezu součásti. Třetí fáze je ochlazování na klidném vzduchu, ale jen krátce – asi do 650°C. Pak ochlazujeme v peci, protože jinak by mohlo vzniknout vnitřní pnutí.

Modifikací **normalizačního žíhání** je tzv. **žíhání základní.** Celý postup je stejný, pouze ochlazování je od začátku v peci, to znamená, že je velmi pomalé (pokles teploty je v rozmezí 50 - 200°C za hodinu), čímž získáme velmi a vyrovnanou strukturu s výbornou obrobitelností a tvárností. Zrna jsou tímto pomalým ochlazením poněkud větší jako u normalizačního žíhání.



Rozsah žíhacích teplot při normalizačním žíhání

Obr. 85

Žíhání litin

Žíhání k odstranění vnitřního pnutí se užívá nejčastěji, a to u odlitků z šedé litiny. **Žíhací teploty** jsou přibližně stejné jako u ocelí – tj. **kolem 550°C.** Postup spočívá ve velmi pomalém ohřevu – jen kolem 100°C za hodinu, následuje výdrž na teplotě a velmi pomalé chladnutí v peci, v níž teplota klesá rychlostí 25 - 75°C za hodinu. Ochlazení je na teplotu kolem 200°C, zbývající ochlazení je již na vzduchu.

Žíhání ke zmenšení tvrdosti (k dosažení **feritické** struktury) – ohřev na teploty 600 - 850^{o}C, dlouhá výdrž na teplotě, pomalé chladnutí v peci s prodlevou na 600^{o}C, pak dochlazení opět v peci až na normální teplotu.

Žíhání neželezných kovů se užívá pro rekrystalizaci – zotavení krystalů po předchozím tváření za studena – **žíhání rekrystalizační. Žíhací teploty** jsou u většiny neželezných kovů mnohem nižší než u ocelí (u Zn jen 15^{o}C, u ostatních v rozmezí 150^{o}C až 200^{o}C). Další způsob žíhání je **k odstranění vnitřního pnutí**. U tohoto způsobu žíhání jsou žíhací teploty ještě nižší. Ochlazování z žíhacích teplot bývá většinou na vzduchu.

9.3 KALENÍ A POPOUŠTĚNÍ

Kalení

Účelem kalení materiálu je zvýšit jeho tvrdost. Oceli s obsahem C 0,20% a nižším, nelze kalit z důvodu malého množství C, který při kalení vytváří s železem tvrdou strukturu. **Kalící teplota** závisí na obsahu uhlíku v oceli. Z obrázku je vidět, že s**právné** teploty ohřevu při kalení leží u ocelí **podeutektoidních** (při **obsahu C do 0,8%) 30 až 50^{o}C nad čárou A_3** a u ocelí **nadeutektoidních** (**obsah C je nad 0,8%) 30 až 50^{o}C nad čárou A_1.**

Kalení se skládá **z ohřevu na kalící teplotu**, **z výdrže na této teplotě,** aby se materiál prohřál do určité hloubky na teplotu kalení a **třetí fáze kalení je ochlazení** materiálu tzv. **kritickou rychlostí** (velkou rychlostí).

Perlit
Při ochlazování ze struktury **austenitu** může dojít při pomalém ochlazování ke vzniku jemnozrnné struktury zvané **perlit.** Je to směs **feritu (téměř čisté Fe) a cementitu (Fe_3C).** Při tomto ochlazování austenitu **se nejedná o kalení.** Ocel ochladíme jen na teploty maximálně do 550^{o}C a po výdrži na této teplotě následuje ochlazení. Vznikne jemnozrnná struktura tvořená kuličkami - perličkami – proto název **perlit.** Je to materiál dobře obrobitelný, vhodný pro následné kalení.

Při kalení se mění měkký a houževnatý **austenit** na tvrdou strukturu zvanou **martenzit,** nebo strukturu méně tvrdou a méně křehkou zvanou **bainit,** případně jsou ve struktuře materiálu obsaženy **martenzit** i **bainit.**
Bainit
Při ochlazení austenitu na teploty pod 550^{o}C nedochází k přeměně na **perlit**, ale na **bainit.** Struktura **bainitu** má texturu tvořenou **ostrými jehlami,** které jsou tím delší, čím nižší je teplota ochlazení oceli. Tato struktura se vyznačuje vysokou tvrdostí, pevností ale zároveň i dobrou houževnatostí (jehly jsou většinou směrovány stejně). Vlastnosti bainitu se výrazně mění s teplotou, na kterou ocel ochlazujeme. Při teplotách vysokých, které se blíží 500^{o}C, je tvrdost nízká, vyšší houževnatost, vysoká pevnost, při teplotách blížících se 250^{o}C je velká tvrdost, houževnatost klesá. Bainitická přeměna je ukončena teplotou těsně nad 200^{o}C.
Martenzit
Při ochlazování velkou rychlostí, kde se dostáváme pod teploty 200^{o}C a níže vzniká v materiálu tvrdá a křehká struktura zvaná **martenzit.**
Struktura **martenzitu** je tvořena dlouhými ostrými jehlami, které jsou nastaveny do různých směrů. Při rychlém ochlazení austenitu (železo gama) dojde k jeho rychlé přeměně na železo

alfa. Uhlík, který je však rozpustný jen v železe gama zůstane uzavřen v mřížce alfa, která však na takové množství uhlíku není přizpůsobena, což způsobuje vysoké pnutí a deformaci krystalů. To se projeví velkou tvrdostí a křehkostí **martenzitu.** Na rozdíl od přeměny bainitické **není přeměna na martenzit závislá na čase**, ale pouze **na teplotě,** na kterou ocel ochladíme.
Procesy rozpadu austenitu, se řídí diagramy IRA a ARA (**I**zotermický **R**ozpad **A**ustenitu – **IRA** a **A**nizotermický **R**ozpad **A**ustenitu –**ARA),** které nám ukazují jak rychlost ochlazení ocelí při kalení , ovlivňuje jejich konečnou strukturu a jejich mechanické vlastnosti. Z těchto diagramů je možno vyčíst, že při **velké rychlosti ochlazování vzniká martenzit, při pomalejším ochlazení nebo přerušovaném ochlazení vzniká bainit.**

Přísadové prvky výrazně ovlivňují jak časy pro **bainitické kalení – časy se prodlužují,** tak i konečné struktury, které po kalení vznikají. Vzhledem k tomu, že zvládnutí těchto diagramů je poměrně složité, nejsou v tomto materiálu uvedeny.

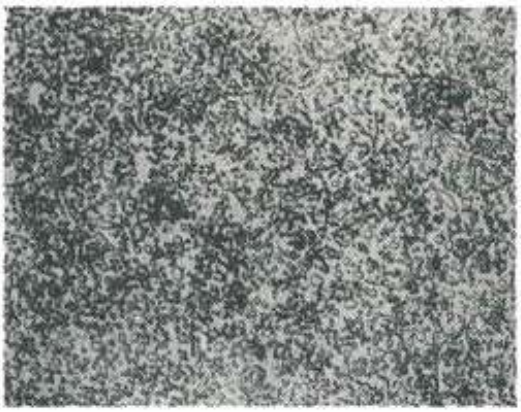
Kalení můžeme provádět **nepřetržitě**, kdy součást ochladíme do určitého prostředí bez přestávek, nebo kalenou součást ochladit na určitou teplotu (třeba 350^{o}C), na této teplotě necháme součást určitou dobu a pak dochladíme na teplotu ovzduší **přetržité kalení.**

Struktura bainitu

Obr. 86

Struktura martenzitu

Obr. 87



Struktura kuličkového perlitu zvaného sorbit

Obr. 88

9.3.1 Kalící prostředí

Kalící prostředí jsou látky, v nichž součást ohřátou na kalící teplotu ochlazujeme. Některé oceli potřebujeme ochladit rychle, jiné pomaleji. Podle toho volíme druh kalícího prostředí. **Rychlost kalení musíme v mnoha případech sledovat a řídit,** protože by mohlo dojít ke vzniku velkého pnutí mezi jádrem součásti, které je ještě v horkém stavu a povrchem součásti, který by byl už ochlazen. Pnutím by mohly vzniknout trvalé deformace, někdy takto ochlazené součásti praskají.

Voda je nejstarším kalícím prostředím, je velmi účinná a její kalící schopnost se bere většinou za základ při porovnání ostatních látek. Je levná a téměř všude dostupná. Ochlazování ve vodě neprobíhá po celou dobu stejně. Po ponoření materiálu, který je ohřátý na teplotu cca 800 i více stupňů se vytvoří kolem součásti okamžitě vrstva páry, která výrazně zpomaluje proces ochlazování. Parní film se poruší až při poklesu teploty asi na 400^{o}C. Pak voda kolem součásti vaří, ale ochlazování se zrychluje. Kolem teploty 100^{o}C se opět chladnutí zpomaluje. Pokud chceme zmírnit účinky parního polštáře, pohybujeme buď součástí ve vodě, nebo pomocí čerpadel vodu víříme. Nejlepší kalící schopnost má vodní sprcha. Kalící účinek vody můžeme změnit přidáním různých přísad – solí, mýdla, olejů. Kalení do vody je rychlé, proto je nebezpečí vzniku vnitřního pnutí v součástech.

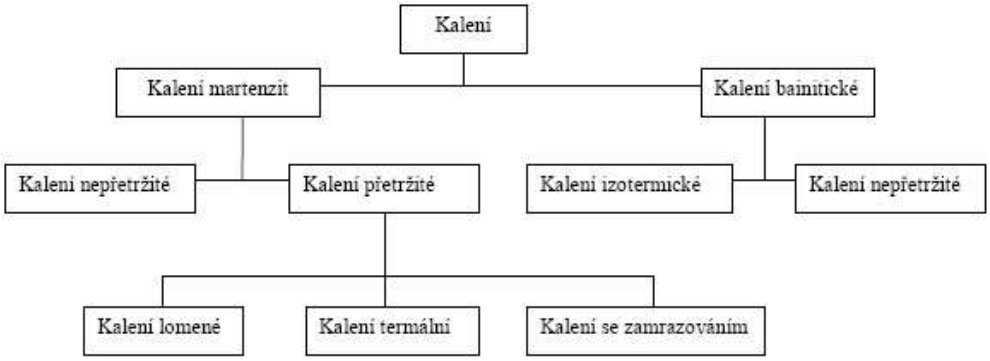
Solné lázně se na rozdíl od vody vyznačují velmi plynulým ochlazováním. Mají velmi příznivý vliv na vnitřní pnutí v kalených součástech, protože zpočátku ochlazují rychle a až teplota součásti klesne pod začátek **martenzitické přeměny**, tj. kolem 200^{o}C, rychlost se zmenšuje, což způsobuje **pomalejší přeměnu austenitu na martenzit** a tím i **menší pnutí.**

Oleje jsou pomalejší kalící prostředí, ale vzniká v nich podobně jako při kalení do vody parní polštář. Ten se však poruší dříve jako u vody asi kolem 500^{o}C, kdy je pak rychlost ochlazování největší. V oblasti **martenzitu** je rychlost ochlazování **cca 10x** nižší jako u vody, což znamená vznik nižších pnutí a vyrovnanější strukturu podobně jako u solných lázní. Používají se oleje výhradně minerální, které bývají ohřáty na teploty kolem 50^{o}C, některé ale mohou mít teploty i kolem 100^{o}C.

Vzduch některé materiály jsou tzv. **samokalitelné,** jsou to některé nástrojové rychlořezné oceli. Ke zvýšení chladícího účinku vzduch na součást ženeme pomocí ventilátorů nebo jiných zařízení. Pnutí v součástech bývá malé, protože rozdíl teplot jádra a povrchu výrobku není velký. Toto kalící prostředí užíváme hodně u nástrojových ocelí.

Způsob kalení – součásti ponořujeme vždy ve směru podélné osy výrobu
- součásti ponořujeme vždy hmotnější a objemnější stranou jako první

Prokalitelnost je zjednodušeně řečeno hloubka, do níž pronikne kalením materiálu určitá zvětšená, požadovaná tvrdost.



Obr. 89 **Schéma kalení**

Popouštění

Popouštění je tepelné zpracování, které **se používá** téměř **výhradně po kalení.** Pokud je materiál zakalený na strukturu **martenzitu,** vznikne v něm velké vnitřní pnutí, křehkost a tvrdost, které je třeba odstranit, protože materiál s velkým vnitřním pnutím a křehkostí není vhodný pro další použití.

Popouštění kde je ohřev na nízké teploty cca do 350°C někdy nazýváme **napouštění.** Používá se hodně u nástrojových ocelí, kde je důležité odstranit jejich křehkost právě zmenšením vnitřního pnutí.

Popouštění na teploty těsně pod čáru A_1 a nižší (700°C a nižší) – cca do 350°C, nazýváme **zušlechťování.** Používá se také hodně u nástrojových ocelí. Popouštět můžeme i několikrát po sobě, někdy až třikrát pokud při při prvním popouštění nemá materiál požadované vlastnosti.

Popouštění se skládá z ohřevu na popouštěcí teplotu, která se liší podle druhu oceli. Následuje výdrž na teplotě a pomalejší ochlazení na teplotu okolí.

Popouštění na teploty 80-180°C Při těchto teplotách se jehlicovitý tvar martenzitu se změní na tvar, kterému říkáme **kubický martenzit. Tvrdost** kubického martenzitu sice **poklesne jen málo**, ale zato **poklesne výrazně křehkost.**

Popouštěním na teploty 180-300°C, resp. do 400°C dochází k částečnému rozpadu jehlic martenzitu na **kuličkový cementit** a **ferit** a část menších jehlic zůstává. Klesá ještě více vnitřní pnutí a křehkost. Klesá i tvrdost.

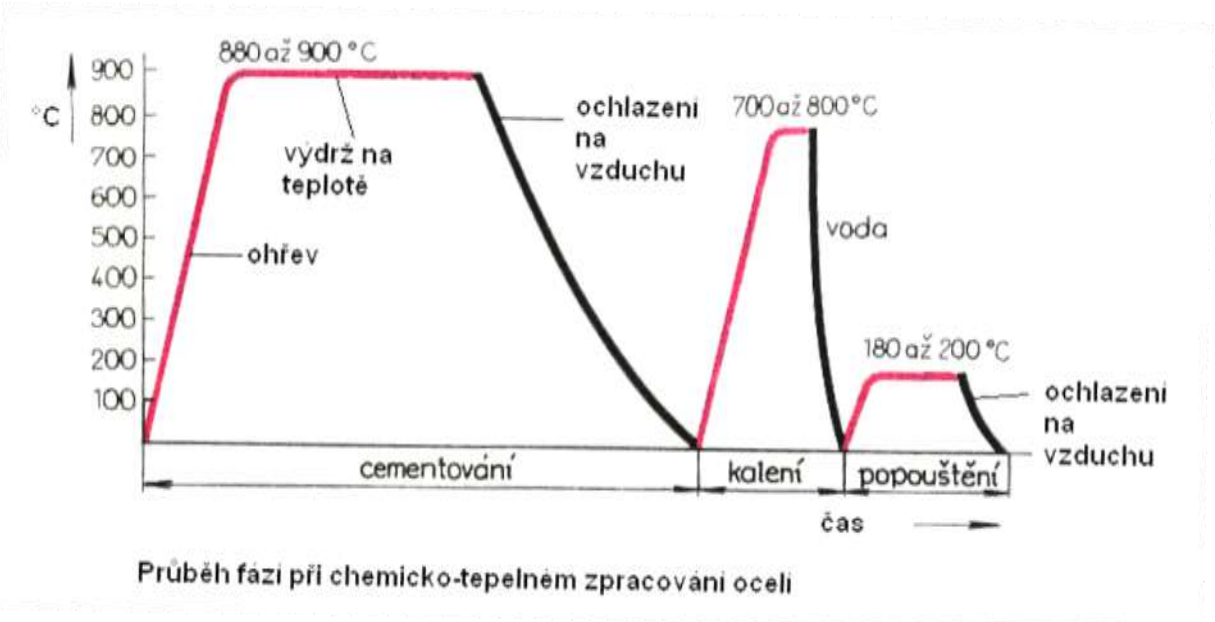
Při teplotách nad 400°C dochází k dalšímu kuliček cementitu a téměř úplně mizí jehlice martenzitu. Tuto strukturu můžeme popsat jako rozptýlené kuličky cementitu v základní struktuře feritu. Tento materiál má dobrou houževnatost a vysokou pevnost. Nazýváme ho **sorbit.**

Obr. 90

9.4 ZUŠLECHŤOVÁNÍ

Popouštěním na vysoké teploty v kombinaci s předchozím kalením nazýváme **zušlechťování.** Ohřev materiálu při zušlechťování je v rozmezí **cca 350 až 700°C**

Součásti, u nichž se požaduje **dobrá houževnatost** se popouštějí na teploty **vyšší tj. 550 až 650°C**. Naopak součásti, u nichž požadujeme vysokou mez pružnosti (aby se po deformaci vrátili do původního stavu) popouštíme jen na 350 až 450°C. Při zušlechťování vzniká struktura zvaná **sorbit,** která má vysokou pevnost, houževnatost a mez kluzu**.** Ten však vznikne pouze z martenzitu, takže např. při bainitickém kalení tato struktura nevzniká.
Zušlechťování užíváme hlavně u slitinových ocelí, tj. ocelí třídy 13 – 16.



Obr. 91

9.5 PATENTOVÁNÍ

Je to zvláštní případ rozpadu **austenitu** při rychlém přetržitém ochlazování.
První fáze - materiál ochladíme prudce tak, jako při kalení, ale jen na teploty **450 -550^{o}C.**
Druhá fáze tohoto zpracování je dostatečně dlouhá prodleva při této teplotě, kdy vzniká z austenitu **pevný, jemnozrnný perlit**.

Poslední fáze je opět rychlé ochlazení, kdy se ze zbytku austenitu vytvoří ještě **houževnatá struktura bainitu.** Takto tepelně zpracované materiály jsou používány pro **výrobu pružin** a výrobu **drátků, ze kterých se splétají ocelová lana**. Výhodou této struktury je vysoká pevnost, pružnost, tvrdý povrch a houževnatá vnitřní struktura.

9.6 POVRCHOVÉ KALENÍ

U doposud probraného tepelného zpracování docházelo k tepelnému zpracování v celém průřezu součásti, takže kdybychom součást rozřezali, měl by materiál v každém místě téměř stejné mechanické vlastnosti. U některých součástí však potřebujeme, aby **uvnitř** byla součást **houževnatá**, **nemusí mít ani velkou tvrdost,** naopak na povrchu chceme, aby byla součást tvrdá, odolná tlaku a otěru. Tyto vlastnosti bývají vyžadovány zvláště u hřídelů, ozubených kol (konkrétně u zubů, kde povrch zubu je tvrdý jádro zubu houževnaté) a u dalších strojních součástí. Těchto mechanických vlastností můžeme dosáhnout tepelným zpracováním, které se nazývá **povrchové kalení.**

Při povrchovém kalení dochází k zakalení jen povrchové vrstvy materiálu – tloušťky přes 2 mm. Jádro zůstane tepelně neovlivněné, takže po prudkém ochlazení vznikne tvrdá struktura jen na povrchu součásti, a v jádru, kde teplota nedosáhne teplotu kalení, tvrdá struktura po ochlazení nevznikne.

Pro povrchové kalení jsou vhodné oceli s obsahem 0,45 – 0,60%C. Hodnoty teplot kalení povrchového a kalení běžného, které jsme probrali v kapitole kalení, jsou stejné – není mezi nimi rozdíl. Rozdíl je v rychlosti ohřevu. Ta musí být u povrchového kalení velká, aby nedošlo k prohřátí jádra.

Takže **první fáze** povrchového kalení je **rychlý ohřev**, **druhá fáze** je **krátká výdrž na teplotě kalení** (aby došlo k prohřátí jen tenké vrstvy, kterou chceme zakalit), **třetí fáze** je **prudké ochlazení povrchu** většinou ve vodě.

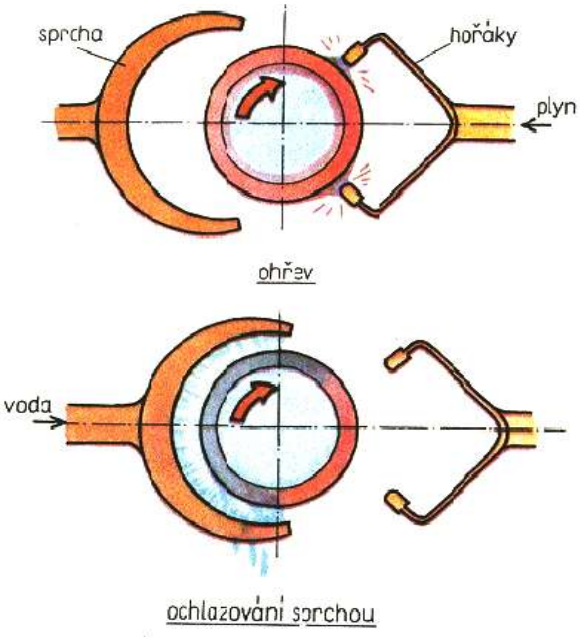
Na povrchu vzniká tvrdá struktura martenzitu, kdežto uvnitř, v jádru je struktura, kterou měl materiál před kalením – původní. Rozdíly struktury mezi povrchem a jádrem způsobují velká vnitřní pnutí. Toto pnutí odstraníme **následným popouštěním** na teploty v rozmezí 150 - 250^{o}C – **čtvrtá fáze.**

Způsob ohřevu na teplotu povrchového kalení:

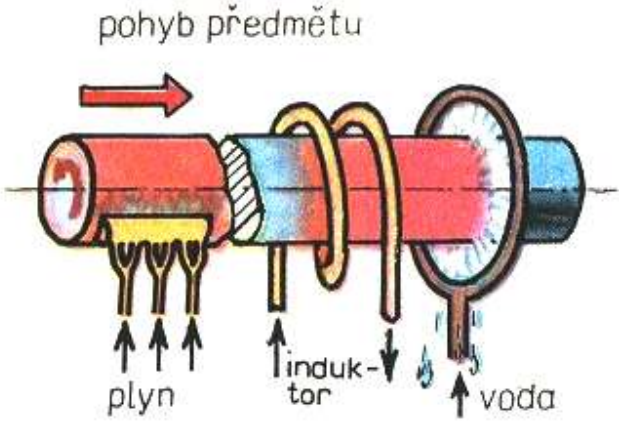
Plamenem - používáme kyslíkoacetylénový plamen, propan nebo butan není příliš vhodný, nemá takovou výhřevnost, délka ohřevu by se prodloužila a prohřály by se vnitřní vrstvy. Aby docházelo k prohřátí součásti v celém povrchu najednou a neprodlužovala se doba ohřevu

součásti klasickým hořákem, používají se upravené hořáky, které mohou ohřívat větší část plochy nebo celou plochu najednou. K ochlazení povrchu se užívají vodní sprchy, které mohou být konstruovány, jako součást hořáku. Při tomto způsobu kalení se většinou hořák nebo materiál vzájemně pohybují, jak při ohřevu, tak následně při ochlazení sprchou.

Indukční – povrch materiálu je ohříván indukovaným proudem, který se indukuje v materiálu přivedením proudu o vysokém kmitočtu ze středo nebo **vysokofrekvenčních generátorů** do tzv. **induktoru,** což je cívka s malým počtem závitů, někdy jen s jedním závitem, který bývá tvarován podle ohřívané plochy, aby mezera mezi induktorem a materiálem byla co nejmenší a aby byla ve všech místech stejná. Někdy je závit tvořen měděnou trubkou, kterou protéká chladící voda. Při použití střídavého proudu, můžeme hloubku prohřátí ovlivnit nastavením hodnoty jeho frekvence. Při vyšších frekvencích se ohřívají vrstvy blíže povrchu. Rychlost ohřevu je velká, trvá jen několik sekund, což je pro materiál dobré, protože jádro se nemá čas ohřát od povrchové vrstvy. Po ohřevu na teplotu austenitu následuje okamžité ochlazení vodní sprchou. Induktor i vodní sprcha bývají často spojeny do jednoho celku. Aby nedošlo k dopadu vodních kapek na **induktor,** který je napájen proudem, což by mohlo způsobit jeho zničení, bývá proud vody sfoukáván proudem vzduchu na opačnou stranu od induktoru.



Obr 92 **povrchové kalení – ohřev plamenem**



Obr. 93 **povrchové kalení – indukční ohřev**

Chemicko-tepelné zpracování materiálu

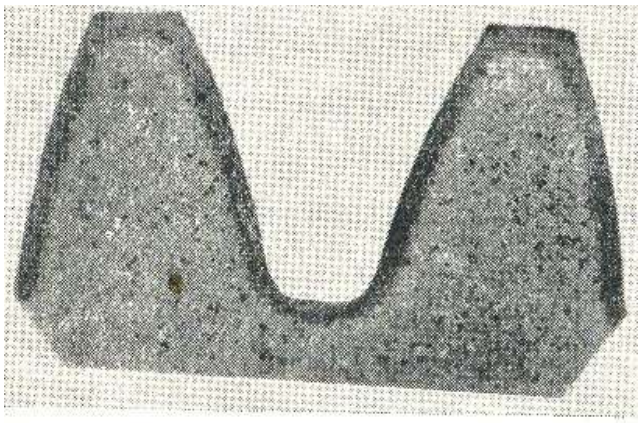
Chemicko-tepelným zpracováním se sytí povrchy materiálů některými prvky, které změní vlastnosti povrchových vrstev buď bez dalšího tepelného zpracování, nebo po nasycení povrchu, materiál dále tepelně ovlivňujeme. V této kapitole popíšeme chemicko-tepelné zpracování materiálu, které zvýší tvrdost povrchových vrstev. Nejvíce používané způsoby sycení materiálů jsou **cementování – sycení uhlíkem**, **nitridování – sycení dusíkem** a jejich kombinace – **nitro-cementování – sycení dusíkem i uhlíkem.**

9.7 CEMENTOVÁNÍ

Cementování je sycení povrchu materiálu uhlíkem. Cementování je možné provádět **pouze při teplotách austenitu**, tj. nad čárou $\mathbf{A_3}$, protože pouze austenit je schopen vytvářet s uhlíkem tuhý roztok – vstřebat uhlík do své krystalové mřížky. Cementování se provádí u ocelí, které nemají dostatečný obsah uhlíku, to je 0 - 0,20%. Aby mohly být kaleny, je třeba, aby obsah uhlíku přesáhl právě hodnotu 0,20%. Jsou ale houževnaté, takže po chemicko-tepelné úpravě povrchu, získají vlastnosti, které jsme již popsali –houževnaté jádro a tvrdý povrch. Cementují se ale i oceli s obsahem C vyšším, asi do 0,3%.

Cementováním se zvýší obsah C v povrchové vrstvě na 0,7 – 0,9% C. Obsah C by však neměl příliš překročit hodnotu 0,8% (0,8% je tzv. **eutektoidní koncentrace**), došlo by pak k **velkému zkřehnutí nauhličené vrstv**y. Hloubka cementování (nauhličená vrstva) bývá obvykle od 0,5 max. do 2 mm. Uhlík do oceli vstupuje z plynů nebo kapalin.

Obr. 94 **Nauhličená povrchová vrstva zubů – zvětšeno**



povrch zubu cementován uhlíkem v plynné atmosféře

Cementační prostředí se užívá v současné době buď **kapalné,** nebo **plynné.**

Pevné prostředí je starší způsob cementování. Do kovové krabice zasypeme součást cementačním práškem, což je směs dřevěného uhlí a uhličitanu barnatého v poměru 60/40. Po uzavření se krabice ohřeje v peci na cementační teplotu 850 - 930^{o}C. Doba ohřevu závisí na tom, do jaké hloubky chceme cementovat. Pro kontrolu tloušťky cementované vrstvy s do krabic dávají tyčinky, které vyčnívají. Po předpokládaném ukončení cementace se tyčinka vytáhne, zakalí, přerazí a na lomu se zjistí nauhličená vrstva.

Plynné prostředí je to v současné době nejpoužívanější způsob cementování. Používá se buď jedovatý kysličník uhelnatý CO nebo směs CO a CH_4.

Kapalné cementační prostředí jsou solné lázně uhličitanu sodného ,chloridu sodného nebo lázně obsahující kyanidy, hlavně kyanid sodný. Tyto lázně jsou velmi jedovaté. Cementování v lázni probíhá rychleji než v prášku nebo atmosféře plynu.

Platí: čím vyšší teplota, tím větší cementační **hloubka a rychlost** cementace, ale **zhrubne zrno.**
Pokud chceme, aby část povrchu nebyla cementována, je nejlepší způsob tuto plochu ochránit povlakem mědi nebo se součást vyrobí s přídavkem a ten se i s nacementovanou vrstvou před kalením obrobí.

Po cementování je nutné vždy materiál kalit, jinak by byl povrch materiálu dál měkký.
Kalit je možné z tzv. **jednoho žáru**, tedy ihned po cementování, z cementační teploty. Tento způsob je však nevhodný pro uhlíkové oceli, protože jim zhrubne zrno. V**ětšinou se nechá součást vychladnout** a pak **následuje ohřev na kalící teplotu**. **Pak následuje teprve kalení = prudké ochlazení a nakonec popouštění.**

9.8 NITRIDOVÁNÍ

Je sycení povrchu součástí dusíkem. Ten vytváří se železem a s některými legujícími prvky jako je Al, Cr, Ti a V velmi tvrdé nitridy. Nitridování provádíme v rozmezí teplot 500 až 600^{o}C.

Nitridování v plynném prostředí. Dusík je netečný plyn, takže za normálních podmínek by s kovy nereagoval. Musíme získat dusík ve stavu zrodu, který je schopen s kovy reagovat. Proto do pece při teplotě cca 500^{o}C vháníme **čpavek NH_3**, který se rozkládá a dusík, který je při rozkladu čpavku ve stavu zrodu, potom vniká do oceli a reaguje s kovy. Nitridace probíhá velmi pomalu – tloušťka 0,1mm trvá podle teploty 10-12 hodin i déle.

V plynech bývají součásti v porovnání s cementováním mnohem déle (12 hodin až tři dny) a za tu dobu se vytvoří vrstva tloušťky pouze 0,2 až 0,6mm .

Pokud nitridujeme v kapalném prostředí, používá se **lázně kyanidů – směs kyanidu sodného a draselného**. Nitridace v lázni je rychlejší, jak v plynu. Vrstvy jsou však velmi tenké. Tento způsob se užívá při výrobě břitů řezných nástrojů .

Nitridační teploty jsou nižší jako při cementování a po nitridování již nenásleduje kalení, protože vzniklé nitridy jsou dostatečně tvrdé. Při nitridováním nevzniká pnutí, protože materiál prudce neochlazujeme. Proto můžeme před nitridací součásti obrobit na hotovo, bez přídavku na broušení, jako je tomu u součástí kalených.

Pro zajištění nejvhodnějších vlastnost nitridovaných součástí (hlavně houževnatosti materiálu a u součástí namáhaných cyklickým zatížením i meze únavy) před nitridováním součásti zušlechťujeme na teploty, které bývají cca o 100^{o}C vyšší jako je teplota nitridace.

9.9 NITRO-CEMENTOVÁNÍ

Je kombinací předchozích dvou způsobů. Prostředí, v němž se nitro-cementování provádí, je buď **kapalné – směs kyanidových solí,** nebo prostředí **plynné, tj. v plynné cementační atmosféře s příměsí čpavku NH_3.**

V solných lázních probíhá proces při teplotách **750 - 850^{o}C,** v plynech při teplotách o něco vyšších **800 - 880^{o}C.**

Proces probíhá takto: při teplotách vyšších, tj. teploty v oblasti austenitu – nad čárou A_1 probíhá cementování a materiál se je pak nutno kalit a popouštět.

Při teplotách nižších – pod čárou A_1, v povrchové vrstvě převažuje dusík (uhlík se při těchto teplotách s ocelí neslučuje) a probíhá hlavně nitridace. Sycení materiálu při těchto nižších teplotách se říká **karbonitridace.**

Z toho plyne, že čím vyšší je teplota při nitro-cementování, tím více převažuje ve vrstvě uhlík, čím je teplota nižší, tím více převažuje dusík.

Shrnutí

- V této kapitole jsme se seznámili s tepelným a chemicko-tepelným zpracováním.
- Tepelné zpracování **zlepšuje mechanické vlastnosti** materiálů, je složeno z ohřevu, prodlevy na teplotě a ochlazení.
- Žíhání **vyrovnává strukturu materiálů, odstraňuje vnitřní pnutí, odstaňuje křehkost a tvrdost materiálu.**
- Žíhání je **s překrystalizací** nebo **bez překrystalizace**.
- Žíhání s **překrystalizací je normalizační, bez překrystalizace žíhání na měkko, rekrystalizační, k odstranění pnutí.**
- **Kalením zvyšujeme tvrdost** materiálu. Na rozdíl od žíhání je rychlost kalení velká.
- Kalit můžeme pouze materiály, které mají **více jak 0,2% C.**
- Popouštění slouží k **odstranění pnutí a křehkosti po kalení.**
- Zušlechťování je **popouštění na vysoké teploty**, i několikrát po sobě, užívá se hlavně u nástrojových ocelí.
- Chemicko-tepelné zpracování spočívá v **sycení povrchu materiálu prvky**, které bez dalšího tepelného zpracování nebo po následném tepelném zpracování mění jeho vlastnosti, zvláště tvrdost.
- Cementování je **sycení povrchu uhlíkem,** následuje kalení a popouštění.
- Nitridování je **sycení povrchu dusíkem**, bez dalšího tepelného zpracování.
- Nitrocementování je **kombinace nitridování a cementování.**

Otázky a úkoly:

1. Jaký význam má pro vlastnosti materiálu tepelné zpracování?
2. Jaké druhy tepelného zpracování znáte?
3. Popište proces žíhání, jak materiál mění své vlastnosti?
4. Popište proces kalení, jaká struktura v materiálu vzniká kalením?
5. Jaký druh tepelného zpracování bývá nutný po kalení a proč?
6. Co se stane s materiálem při cementování?
7. Jaké tepelné zpracování následuje po cementování?
8. Jaký prvek se slučuje s ocelí při nitridování?
9. Popište proces nitrocementování.

VĚDOMOSTNÍ TEST

TEST KAPITOLA 1

1. Vlastnosti technických materiálů jsou důležité
    a) při rozhodování jaký materiál použijeme na výrobu výrobku
    b) při rozhodování zda se budu učit
    c) při práci s počítačem abych jej nepoškodil

2. Mezi fyzikální vlastnosti patří:
    a) hustota, teplota tání
    b) korozivzdornost
    c) svařitelnost a obrobitelnost

3. Mezi technologické vlastnosti nepatří:
    a) odolnost proti korozi
    b) svařitelnost
    c) obrobitelnost

4. Základní technické materiály jsou
    a) argon a beton
    b) kovy a nekovy
    c) ocel, měď, zlato

5. Hustota materiálu je
    a) poměr mezi hmotností a objemem dané látky
    b) teplota při které kov mění hustotu
    c) délková roztažnost

6. Délka ocelové součástky se ze vzrůstající teplotou
    a) zkracuje
    b) je stejná
    c) prodlužuje

7. Odolnost proti korozi patří u materiálů k vlastnostem
    a) technologickým
    b) mechanickým
    c) chemickým

8. Pro určení druhu materiálu z hlediska konstrukčních rozměrů jsou rozhodující
    a) pevnost materiálu
    b) hmotnost materiálu
    c) vodivost materiálu

9. Tvrdost materiálu se definuje jako
    a) schopnost materiálu měnit polohu částic bez porušení materiálu
    b) odpor proti vnikání cizího tělesa do daného materiálu
    c) křehký materiál

10. Obrobitelnost materiálu je technologická vlastnost, která je definovaná jako
    a) spojování dvou součástí v tekutém stavu

b) vlastnost materiálu měnit kováním tvar
c) chování materiálů při obrábění řeznými nástroji např. soustružení

11. Svařitelnost je
    a) schopnost vytvořit ze dvou materiálů nerozebíratelné spojení pomocí tavného, tlakového nebo jiného svařování
    b) vlastnost materiálu vytvořit nerozebíratelný spoj lepením
    c) dělení materiálu pilou

12. Elektricky nevodivé jsou tyto materiály
    a) ocel, litina, měď, hliník
    b) plasty, porcelán, dřevo, kůže
    c) ocel, zlato, stříbro, platina

13. Chemická koroze je
    a) vytváření okují na kovech v plynné atmosféře za vysokých teplot
    b) rozrušování kovů obráběcími nástroji
    c) samovolný rozpad materiálu na pracovním stole

14. Mechanické vlastnosti technických materiálů jsou
    a) tepelná vodivost, elektrická vodivost, pružnost
    b) pružnost, pevnost, tvrdost, tvárnost, houževnatost
    c) pružnost, pevnost, svařitelnost, slévatelnost,

15. Obrobitelnost a slévatelnost
    a) jsou technologické vlastnosti
    b) jsou mechanické vlastnosti
    c) jsou fyzikální vlastnosti

16. Pružný je materiál
    a) který při namáhaní praskne
    b) který při namáhaní rozdělí na tři části
    c) který se zatížením deformuje a po odlehčení se vrátí do původního tvaru

17. Slévatelnost materiálu je
    a) soubor vlastností které musí mít materiál určený k odlévání
    b) soubor vlastností které nesmí mít materiál určený k odlévání
    c) je vlastnost používané při kování

18. Technický materiál má tyto základní vlastnosti
    a) fyzikální, chemické, mechanické a technologické
    b) fyzikální a chemické,
    c) mechanické a technologické

19. Pevnost v tahu, tlaku, střihu, ohybu a krutu
    a) jsou technologické vlastnosti
    b) jsou mechanické vlastnosti
    c) jsou pracovní vlastnosti

20. Rozdělení a vlastnosti materiálů patří do
    a) občanské nauky
    b) fyziky
    c) strojírenské technologie

TEST KAPITOLA 2

1. Zkoušky statické jsou
   a) zk. rázem a zk. tvrdosti
   b) zk. pevnosti v tahu a tlaku
   c) zk. cyklickým namáháním a tvrdosti

2. Zkoušky dynamické jsou
   a) zk. obrobitelnosti, opětovným namáháním a za extrémních teplot
   b) zk. rázem, opětovným namáháním a svařitelnosti
   c) zk. rázové, cyklickým namáháním

3. Technologické zkoušky
   a) zk. tvárnosti, svařitelnosti, obrobitelnosti
   b) zk. tvárnosti, rázem, obrobitelnosti a slévatelnosti
   c) zk. tvárnosti, svařitelnosti, obrobitelnosti a opětovným namáháním

4. Jaké máme zkoušky bez porušení materiálu
   a) zk. ultrazvukem a gama zářením
   b) zk. rázem a tvrdosti
   c) zk. svařitelnosti a obrobitelnosti

5. Zkouškami mechanickými zjišťujeme pevnost materiálu v
   a) tlaku, ohybu a svařitelnost
   b) tahu, střihu, krutu, ohybu a vnitřní vady materiálu
   c) tahu, tlaku, ohybu, krutu a střihu

6. Nejvíce používané zkoušky tvrdosti jsou zkoušky podle
   a) Brinella, Charpyho a tahová
   b) Brinella, Rockwella, Vickerse
   c) odrazová, Rockwella a ultrazvukem

7. Rázová zkouška se používá u materiálů namáhaných
   a) tahem
   b) cyklickým namáháním
   c) rázy

8. Zkoušky tvrdosti provádíme u materiálů namáhaných
   a) krutem
   b) na vzpěr
   c) tlakem nebo rázy

9. S rostoucí teplotou u většiny materiálů pevnost v tahu a mez kluzu
   a) klesá
   b) stoupá
   c) nemění se

10. S klesající teplotou
   a) stoupá tažnost a houževnatost
   b) stoupá křehkost
   c) vlastnosti se se nemění

11. Jak rozdělujeme svařitelnost
    a) zaručená, dobrá, obtížná a nezaručená
    b) výborná, dobrá, podmíněná a obtížná
    c) zaručená, podmíněná, dobrá a obtížná

12. Kovy, které užíváme ke slévání musí mít dobrou
    a) tekutost a zabíhavost
    b) houževnatost a zabíhavost
    c) tuhost a zabíhavost)

13. Obrobitelnost:
    a) nemá vliv na životnost nástrojů a na kvalitu povrchu
    b) nemá vliv na životnost, ale má vliv na kvalitu povrchu
    c) má vliv na životnost nástrojů a na kvalitu povrchu

14. Při zkoušce podle Brinella se do materiálu zatlačuje:
    a) diamantový kužel
    b) kalená kulička
    c) čtyřboký jehlan

15. Při zkoušce podle Vickerse se do zkoušeného materiálu zatlačuje:
    a) diamantová kulička
    b) kalený kužel
    c) čtyřboký diamantový jehlan

16. Jak označujeme tvrdost podle Rockwella?
    a) HV
    b) HRA, HRB, HRV
    c) HRA, HRB, HRC

17. Pro zjišťování vnitřních vad v materiálu používáme záření
    a) alfa (α)
    b) beta (β)
    c gama (γ)

18. Které materiály nemají mez kluzu
    a) Ocel tř. 12
    b) Ocel tř. 16
    c Litina ¨

19. Ve které oblasti tahového diagramu houževnaté oceli platí Hookeův zákon?
    a) mezi body 0 - K
    b) mezi body E - K
    c) mezi body 0 – U

20. Co zjišťujeme u ohybové zkoušky rázové Charpyho kladivem?
    a) vrubovou houževnatost
    b) mez pevnosti
    c) mez únavy

TEST KAPITOLA 3

1. Surové železo je:
    a) ruda
    b) kapalina
    c) kovový materiál obsahující Fe a C

2. Z ocelářského surového železa se vyrábí
    a) ocel procesem zkujňování
    b) litina procesem zkujňování
    c) barevné kovy Cu, Al, Pb

3. Ve vysoké peci se taví
    a) ocelářské surové železo
    b) železná ruda na surové železo
    c) barevné kovy Cu, Al, Pb

4. Vysoká pec má tvar
    a) miskovitý s víkem
    b) zvonu až 60m vysokého
    c) hrušky až 60m vysoké

5. Vsázku vysoké pece tvoří
    a) surové železo, struska, koks
    b) koks, ruda, voda a vzduch
    c) koks, struskotvorné přísady, železná ruda a vzduch

6. Surové železo, struska a vysokopecní plyn
    a) jsou produkty vysoké pece
    b) jsou kovové části vysoké pece
    c) jsou vsázka vysoké pece

7. Odpich surového železa se provádí
    a) otvorem pro odpich strusky
    b) otvorem pro odpich strusky nebo otvorem pro přívod vzduch
    c) otvorem pro odpich surového železa

8. Železná ruda je
    a) hornina s podílem oxidu železa (magnetovec, krevel, hnědel, ocelek)
    b) plast s podílem oxidu železa
    c) barevný kov s podílem oxidu železa (magnetovec, krevel, hnědel, ocelek)

9. Spalováním za nepřístupu vzduchu při teplotě 1000 °C se vyrábí
    a) struska
    b) vysokopecní plyn
    c) koks

10. Aglomerace je
    a) úprava strusky na železo
    b) úprava rud drcením,tříděním,pražením a spékáním
    c) úprava vysoké pec na nízkou

11. Teplota ve vysoké peci při tavbě dosahuje

a) -2000 °C
b) 340 °C
c) 2000 °C

12. Předehřátý vzduch z Cowperových ohříváků se do vysoké pece vhání pomocí turbodmychadel a turbokompresorů pomocí
    a) otvorem pro odpich strusky
    b) větrovodů s výfučnami
    c) otvorem pro odpich surového železa

13. Vypouštění surového železa a strusky se mazývá
    a) odpich
    b) zápich
    c) vpich

14. Surové železo obsahuje
    a) čisté železo se 34 % uhlíku a další prvky
    b) čisté železo se 3-4 % uhlíku a další prvky
    c) čisté železo se 30-40 % uhlíku a další prvky

15. Vysokopecní plyn
    a) se vypouští do ovzduší
    b) se používá jako palivo ve vysoké peci
    c) se používá při ohřevu vzduchu pro vysokou pec a v energetice a jako topný plyn

16. Na výrobu umělého hutního kamene, cementu a struskové vlny
    a) se používají struskotvorné přísady
    b) se používá struska a struskotvorné přísady
    c) se používá struska

17. Vápenec je minerální látka které je nejznámější složkou
    a) struskotvorných přísad
    b) vysoké pece
    c) železné rudy

18. Kychta, šachta, rozpor, zarážka a nístěj jsou části
    a) vysoké pece
    b) elektrické trouby
    c) ohřívačů vzduchu

19. Surové železo a struska se shromažďují v nejnižší části vysoké pece, které se říká
    a) rozpor
    b) zarážka
    c) nístěj

20. Ze surového železa vyrábíme
    a) litinu
    b) strusku
    c) zarážku

TEST KAPITOLA 4

1. Výroba ocelí jen proces při kterém
    a) snižujeme obsah uhlíku, manganu, křemíku a fosforu
    b) snižujeme obsah železa, manganu, křemíku a fosforu
    c) snižujeme obsah uhlíku a železa

2. Oceli obsahují maximálně
    a) 3-4% uhlíku
    b) 2,14% uhlíku
    c) 6,7% uhlíku

3. Výroba oceli ze surového železa se nazývá
    a) penetrace
    b) tuhnutí
    c) zkujňování

4. Výroba ocelí probíhá v
    a) konvertorech, martinských pecích, elektrických pecích a ve vakuu
    b) vysoké peci
    c) pračce

5. Čisté vysoce legované oceli se vyrábí v
    a) konvertoru
    b) vakuu
    c) martinské peci

6. V elektrické obloukové peci se teplo pro tavení vsázky získává
    a) z hořícího elektrického oblouku
    b) indukcí v indukční cívce
    c) z hořícího koksu

7. Pro výrobu ocelí v ocelárnách se používá
    a) ocelářské surové železo a šrot (ocelový odpad)
    b) ocelářské surové železo
    c) šrot (ocelový odpad)

8. Ocel je
    a) slitina obsahující Fe a C jako hlavní prvky a legující prvky Mn, Cr, Ni, W
    b) slitina obsahující pouze legující prvky Mn, Cr, Ni, W
    c) slitina obsahující P a S jako hlavní prvky a legující prvky Mn, Cr, Ni, W

9. Kolik čísel tvoří základní číselnou značku kujných ocelí?
    a) 4
    b) 5
    c) 6

10. První číslo značky znamená, že je ocel vhodná k tváření. Které číslo?
    a) 4
    b) 6
    c) 1

11. Oceli třídy 10 jsou:
    a) oceli ušlechtilé

b) oceli nástrojové
c) oceli konstrukční, uhlíkové, obvyklých jakostí

12. Oceli třídy 10 jsou slitiny železa hlavně s:
a) chromem
b) uhlíkem
c) niklem

13. Oceli třídy 11 které mají na třetím místě číslo 1 jsou:
a) automatové – vhodné k obrábění
b) na odlitky
c) nástrojové – vhodné k obrábění

14. Dvojčíslí z třetí a čtvrté číslice znamená u ocelí třídy 11:
a) střední pevnost v tahu
b) mez kluzu
c) pevnost v krutu

15. U oceli 11 373 znamená dvojčíslí 37, že ocel má:
a) 37% uhlíku
b) 3% legujících prvků a 7% uhlíku
c) mez pevnosti = 370MPa

16. Oceli tříd 13 – 16 jsou:
a) konstrukční oceli uhlíkové
b) konstrukční oceli ušlechtilé, slitinové
c) konstrukční oceli nerezové

17. Oceli třídy 19 slouží k výrobě
a) nástrojů pro ruční a strojní obrábění
b) konstrukcí ve stavebnictví
c) šroubů, matic, závlaček a dalších spojovacích součástí

18. Oceli třídy 17 nazýváme
a) nástrojové – vyrábí se z nich řezné nástroje
b) nerezové – obsahují velké množství legujících ušlechtilých prvků
c) na odlitky – mají dobrou zatékavost

19. První dodatková číslice za tečkou u základní značky oceli značí
a) obsah uhlíku v% ve slitině
b) způsob tepelného zpracování základního materiálu
c) teplotu tavení slitiny

20. Která první dodatková číslice značí kalení a popouštění
a) 1
b) 4
c) 6

TEST KAPITOLA 5

1.V jakém zařízení se vyrábí litina:
   a) v konvertorech
   b) v kuplovnách
   c) v martinských pecích

2. Šedá litina má největší pevnost:
   a) v tahu
   b) v ohybu
   c) v tlaku

3. Jaká struktura tvoří šedou litinu?
   a) lupínkový grafit
   b) perlit
   c) kuličkový grafit

4. Tvárná litina se vyrábí očkováním:
   a) chromem
   b) hořčíkem
   c) křemíkem

5. Tvárná litina se nepoužívá na výrobu:
   a) drátu
   b) stojanů obráběcích strojů
   c) ozubených kol

6. Označení litiny 42 23xx je:
   a) šedá litina
   b) temperovaná litina
   c) tvárná litina

7. Co znamená třetí dvojčíslí v označení litiny:
   a) dodatková číslice
   b) přibližná hodnota meze pevnosti v MPa
   c) značí normu hutnictví

8. U tvrzené litiny je jádro tvořeno:
   a) šedou litinou
   b) bílou litinou
   c) grafitem

9. Povrch tvrzené litiny je:
   a) tvrdý a otěru odolný
   b) měkký a poddajný
   c) odolný proti korozi

10. Jak vzniká temperovaná litina?
   a) rychlým ochlazením šedé litiny
   b) dlouhodobým žíháním šedé litiny
   c) smícháním roztavené šedé litiny a tvárné litiny

11. Jaké vlastnosti má temperovaná litina?

a) tvrdost a křehkost
b) podobné vlastnosti jako litina tvárná, houževnatá, tažná, pevná
c) měkká uvnitř, povrch tvrdý a křehký

12. Jaký nejmenší obsah uhlíku má litina?
a) 5,11%
b) 2,14%
c) 0,85%

13. Je možné šedou litinu tepelně zpracovávat?
a) nelze, hrozilo by popraskání
b) pouze kalit, pro získání větší tvrdosti
c) je to možné, zvláště se používá ke zpracování žíhání

14. Jak vzniká tvrzená litina?
a) litím do kovových forem
b) válcováním – zpevní se povrchová vrstva
c) kalením tvárné litiny

15. Při jaké teplotě se litina taví?
a) při teplotě 1100 -1300^{o}C
b) při stejné teplotě jako ocel
c) při teplotě 900^{o}C

16. Vlastnosti tvárné litiny jsou způsobeny:
a) lupínkovým grafitem
b) kuličkovým grafitem, který je přetvořen z grafitu lupínkového
c) tvrdou strukturou zvanou martenzit

17. Jaký název má litina, kterou dlouhodobě žíháme ke zlepšení jejich vlastností?
a) tvárná
b) skořepová
c) temperovaná

18. Jaký název má litina, která vzniká přidáváním hořčíku
a) tvárná
b) šedá
c) temperovaná

19. Litina je kov
a) neželezný
b) železný
c) litina je nekov, protože se nedá zpracovat kováním

20. Označení šedé litiny je
a) 42 23 xx
b) 42 27 xx
c) 42 24 xx

TEST KAPITOLA 6

1. **Barevné kovy se v čistém stavu používají v:**
   a) hutnictví
   b) elektrotechnice*
   c) zemědělství

2. Těžké neželezné kovy mají hustotu:
   a) nad 5kg/dm³*
   b) do 5kg/dm³
   c) do 3kg/dm³

3. První dvojčíslí číselného značení neželezných kovů je stejné jako:
   a) u ocelí – číslo 11
   b) litin a ocelí na odlitky – číslo 42*
   c) plastů

4. Která slitina neobsahuje měď:
   a) bronz
   b) mosaz
   c) dural*

5. Titan je neželezný kov:
   a) lehký*
   b) těžký
   c) není to kov

6. Který neželezný kov se nepoužívá na povrchovou úpravu kovů:
   a) rtuť*
   b) zinek
   c) chrom

7. Hořčík reaguje s:
   a) vodou*
   b) petrolejem
   c) olejem

8. Měď má elektrickou vodivost:
   a) dobrou, lepší jako ocel*
   b) není vodivá, používá proto na izolaci vodičů
   c) vodivost má stejnou jako ocel

9. Bronzy řadíme mezi:
   a) lehké neželezné kovy
   b) těžké neželezné kovy
   c) pájky

10. Kompozice jsou:
    a) slitiny používané na výrobu ložisek*

b) slitiny na ochranu kovů před korozí
c) slitiny určené pro pájení

11. Dural je slitinou:
a) Al + Pb + Ag
b) Al+ Fe + Cu
c) Al + Cu + Mg*

12. Odolnost hliníku proti oxidaci je:
a) špatná, za nízkých teplot se rozpadá Al na prášek
b) dobrá, hliník je chráněn tenkou vrstvičkou kysličníku a dál nekoroduje*
c) špatná, Al musíme chránit nátěry

13. Mosazi jsou slitiny mědi. Když obsahují 56% Cu jsou:
a) tvárné a měkké
b) mají dobrou vodivost
c) jsou tvrdé, křehké a v praxi nepoužitelné

14. Tombaky obsahují
a) 80% Cu a více
b) 60% Cu
c) 10% Fe

15. Těžký neželezný kov je označen třetí číslicí
a) 4
b) 3*
c) 6

16. Do skupiny lehkých kovů nepatří: Al, Ti, Co, Mg,
a) Mg
b) Co*
c) Ti

17. Do skupiny těžkých neželezných kovů nepatří: Cu, Zn, Sn, Ti, Ni
a) Ti*
b) Zn
c) Ni

18. Kamínek vzniká při výrobě
a) hliníku, při jeho elektrolýze
b) při výrobě mědi, je to produkt pražících pecí pro další zpracování*
c) mědi, jako odpad neboli struska

19. Pájky měkké mají teplotu tavení:
a) do 500^{o}C*
b) nad 500^{o}C
c) nad 900^{o}C

20. Mezi tvrdé pájky nepatří slitiny:

a) Ag
b) Sn*
c) Zn a Cu

TEST KAPITOLA 7

1. Prášková metalurgie umožňuje zpracovávat kovy:
    a) s vysokou teplotou tavení*
    b) s nízkou teplotou tavení
    c) se střední teplotou tavení

2. Práškové materiály značíme číslem:
    a) 18*
    b) 42
    c) 12

3. Prášková metalurgie se nepoužívá:
    a) na výrobu ložisek
    b) na výrobu břitových destiček
    c) na výrobu trubek*

4. Jak se vyrábí kovový prášek:
    a) mletí*
    b) jako odpad při pilování
    c) nemusí se vyrábět, protože se vyskytuje pouze v sypkém stavu

5. Tvar výrobku je dán:
    a) konečným obrobením
    b) formou při lisování a spékání prášku*
    c) broušením po zakalení obrobku

6. Která výrobky nejsou produktem práškové metalurgie:
    a) pístní kroužky
    b) součásti proudových motorů
    c) v potravinářském průmyslu*

7. Teplota spékání prášků je:
    a) nižší než teplota tavení jednotlivých kovů
    b) vždy vyšší než teplota tavení*
    c) stejná jak teplota tavení

8. Který materiál se nepoužívá pro výrobu práškové metalurgie:
    a) wolfram
    b titan
    c) rtuť*

9. Co je principem práškové metalurgie:

a) adheze
b) difůze*
c) koheze

10. Jaké mlýny se nepoužívají na mletí prášků:
    a) vibrační*
    b) kulové
    c) třecí

11. Výrobky, které nejsou vyráběny spékáním prášků
    a) filtry pro benzín a naftu + pístní kroužky
    b) keramické brzdové obložení
    c) kuličky do ložisek*

12. Co způsobuje tvrdost práškových kovů
    a) oxidy kovů
    b) karbidy kovů*
    c) slitiny s niklem

13. Funkci samomazných ložisek umožňuje:
    a) množství dutin mezi zrny kovu, zaplněné olejem*
    b) kluzné vlastnosti kovových prášků
    c) suché tření v ložisku

14. Pseudoslitiny jsou:
    a) slitiny jsou slitiny neželezných a železných kovů
    b) vytvořeny práškovou metalurgií z kovů, které mají velmi odlišné teploty tavení*
    c) jsou běžně spékané kovy

15. Při spékání je ve slinovací peci atmosféra
    a) kyslíku, aby se zvýšila teplota
    b) vodíku, jako ochrana před oxidací*
    c) běžná atmosféra, jako v ovzduší

16. Co značí číslice nula v číselné značce 18 0xx?
    a) prášky železné*
    b) prášky s vysokým obsahem titanu
    c) prášky s vysokým obsahem Al

17. Břitové destičky pro řezné nástroje jsou tříděny na skupiny podle
    a) tvaru destičky
    b) délky třísky, kterou obráběné materiály obráběním dávají
    c) podle řezné rychlosti

18. Kolik procent pórů mají výlisky pro samomazná ložiska?
    a) asi 50%
    b) asi 25%
    c) asi 10%

19. Wolframové prášky se slinují při:
    a) nízkých teplotách asi 650°C, wolfram má nízkou teplotu tavení
    b) vysokých teplotách asi 1300 - 1400°C, wolfram má vysokou teplotu tavení*
    c) při teplotě asi 3380°C

20. Tlaky při lisování prášků jsou
    a) nízké asi 10MPa, proto vznikají porézní výlisky
    b) bývají asi 50MPa
    c) jsou vysoké – 500MPa i více – vysokým tlakem a teplotou dochází k difuzi

TEST KAPITOLA 8

1. Co patří mezi nekovové technické materiály:
    a) plasty, dřevo, pryž, bronz
    b) plasty, dřevo, pryž, sklo
    c) plasty, dřevo, hliník, sklo

2. Co znamená pojem termoplasty:
    a) plasty se dají tepelně zpracovat
    b) plasty se dají tvářet za studena
    c) plasty se nedají tvářet

3. Jaké druhy plastů znáte:
    a) reaktoplasty, elastomery, termoplasty
    b) termoplasty, pryže, plexiskla
    c) elastomery, pryže, reaktoplasty

4. Z měkčeného PVC se vyrábí:
    a) potrubí pro velké tlaky
    b) obuv, hračky
    c) kluzná ložiska

5. Polyetylen se používá na :
    a) na výrobu folií
    b) na výrobu ložisek
    c) na výrobu plastových oken

6. Jaká je zkratka pro polyethylen:
    a) PP
    b) PS
    c) PE

7. Co nepatří do nekovových materiálů:
    a)ocel
    b)dřevo
    c)plasty

8. Z polyamidů se vyrábí:

a) ozubená kola, ložiska
b) vrtáky, pilníky, sekáče
c) potravinářské fólie, hadice

9. Jaké druhy skla máme:
a) tvrzené, konstrukční, nezamrzající
b) průmyslové, pískové, nezamrzající
c) tvrzené, umělé, lité

10. Silikony vodu:
a) přitahují
b) odpuzují
c) vsakují

11. Impregnace dřeva je:
a) ochrana proti korozi
b) ochrana proti hnilobě a škůdcům
c) podporuje stárnutí dřeva

12. Základní druhy dřeva:
a) měkké, tvrdé
b) vodě vzdorné, nasákavé
c) pružné, nepružné

13. K jakým účelům se používá modřínové dřevo:
a) výroba nábytku
b) výroba konstrukcí
c) výroba dřevotřísky

14. Skleněné potrubí se používá:
a) v chemickém a potravinářském průmyslu
b) pro dopravu sypkých látek
c) pro velké tlaky

15. Pryž se vyrábí
a) z PVC kondenzací
b) vulkanizací kaučukového mléka
c) rafinací z ropy

16. Sklo se vyrábí :
a) litím, foukáním, válcováním
b) žíháním a kalením nebo patentováním
c) prostřihováním, ohýbáním

17. Surovina pro výrobu skla:
a) křemičitý písek, vápenec, soda
b) kysličník vápenatý
c) kysličník uhličitý a kaolín

18. Mazací tuky užívané pro strojírenské účely jsou
    a) minerální
    b) rostlinné
    c) živočišné

19. Technickou keramiku tvoří:
    a) kamenný čedič, technická kamenina, krystalické sklo
    b) technický porcelán, technická kamenina, kamenný čedič
    c) technický porcelán, konstrukční krystalické sklo

20. Druhy smykového tření:
    a) suché, polokapalinné
    b) suché, polosuché, kapalinné
    c) kapalinné, mokré, polomokré

TEST KAPITOLA 9

1. Účelem žíhání je:
    a) odstranění vnitřního pnutí
    b) odstranění koroze
    c) odstranění strusky

2. Jaká je teplota normalizačního žíhání:
    a) asi 400° C
    b) asi 500° C
    c) asi 50° C nad čarami A_1 a Acm

3. Ochlazování z normalizační teploty u žíhání se děje:
    a) ponoření do solných lázní
    b) ponoření do nádoby s vodou
    c) pozvolné ochlazení na vzduchu

4. Kalením dosáhneme:
    a) větší tvrdosti materiálu
    b) menší tvrdosti materiálu
    c) odolnosti proti korozi

5. Jaká struktura vzniká kalením:
    a) martenzit
    b) austenit
    c) perlit

6. Do jakého prostředí se nekalí slitinová ocel:
    a) do oleje
    b) do vody
    c) na vzduchu

7. Popuštění při nejnižších teplotách je:

a) 80- 150° C
b) 50- 80 ° C
c) 30- 50 ° C

8. Popouštění při vysokých teplotách se teplota pohybuje kolem:
   a) 150- 300° C
   b) 100- 300° C
   c) 350- 650° C

9. Z čeho se skládá prášek pro cementování:
   a) 60% dřevěného uhlí a 40% uhličitanu barnatého
   b) 50% práškového vápna a 50% uhličitanu barnatého
   c) 40% dřevěných třísek a 60% uhličitanu barnatého

10. Jaké tepelné zpracování se používá po nitridování
    a) žíhání
    b) kalení
    c) žádné

11. V čem spočívá proces cementování?
    a) sycení povrchu vodíkem
    b) sycení povrchu uhlíkem
    c) sycení povrchu dusíkem

12. Patentování se používá:
    a) ke zpracování drátů a pružin
    b) ke zpracování plechů a potrubí
    c) ke zpracování profilů

13. Jaký nejmenší obsah C musí mít ocel, aby se dala kalit?
    a) 1,5%
    b) 0,2%
    c) 0,8%

14. Povrchovým kalením dosáhneme
    a) tvrdý povrch a houževnaté jádro
    b) výrobek získá tvrdost téměř v celém průřezu
    c) tvrdý střed a houževnatý povrch

15. Je možno povrchově kalit i ocel, která má obsah C pouze do 0,2 %?
    a) není to možné, pouze pokud bude C nad 0,5%
    b) je možné kalit i s nižším obsahem C než 0,2%
    c) Je možné povrchově kalit, jen pokud povrch materiálu bude před kalením cementován

16. Zušlechťování spočívá v:
    a) kalení a následném žíhání naměkko
    b) žíhání a následném cementování
    c) kalení a následném popouštění za vyšších teplot, někdy i několikrát po sobě

17. Pokud po cementování materiál nezakalíme, vznikne
    a) tvrdá vrstva na povrchu a měkké jádro
    b) houževnatý materiál na povrchu, vlivem uhlíku
    c) tvrdost materiálu se nezmění, protože uhlík bez kalení neovlivní tvrdost

18. Překrystalizace je:
    a) zotavení krystalu po tváření
    b) zotavení krystalu po kalení
    c) změna krystalové mřížky

19. Rekrystalizace je:
    a) difuze uhlíku do krystalu oceli při teplotě austenitu
    b) zotavení krystalu po tváření nebo obrábění
    c) změna skupenství železa z tuhého na taveninu

20. Krystalická mřížka austenitu je:
    a) plošně středěná
    b) prostorově středěná
    c) austenit nemá mřížku, protože je to roztavený kov

Správné odpovědi testů

Otázka / test kap.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
kap. 1	a	a	a	b	a	c	c	a	b	c	a	b	a	b	a	c	a	a	b	c
kap. 2	b	c	a	a	c	b	c	c	a	b	c	a	c	b	c	c	c	c	c	a
kap. 3	c	a	b	c	c	a	c	a	c	b	c	b	a	b	c	c	a	a	c	a
kap. 4	a	b	c	a	b	a	a	c	b	c	c	b	c	a	c	b	a	b	b	b
kap. 5	b	c	a	b	a	c	b	a	a	b	b	b	c	a	a	b	c	a	b	c
kap. 6	b	a	b	c	a	a	a	a	b	a	c	b	c	a	b	b	a	b	a	b
kap. 7	a	a	c	a	b	c	b	c	b	a	c	b	a	b	b	a	b	b	b	c
kap. 8	a	a	a	b	a	c	a	c	a	b	b	a	a	a	b	a	a	a	b	b
kap. 9	a	c	c	a	a	b	a	c	a	c	b	a	b	a	c	c	c	c	b	a

Klasifikace jednotlivých testů:

0 – 12 bodů – neprospěl,	13 – 20 bodů - prospěl

GLOSÁŘ

armatura	regulační nebo uzavírací součást potrubí
austenit	tuhý roztok uhlíku v železe gama – struktura oceli
axiální	osový směr
bainit	struktura vznikající při kalení v oceli
bronz	slitina mědi s různými neželeznými kovy
cementit	karbid železa = Fe_3C
cementování	sycení povrchu oceli uhlíkem
čisté kovy	kovy bez příměsí ostatních prvků-čistota 99,99%
defektoskopie	metoda zjištění vad bez porušení materiálu
etalony	vzorky (např. vzorkovnice materiálů)
ferit	struktura oceli
feromagnetický	materiál, který je možno zmagnetovat
grafit	uhlík
homogenní	stejnorodý
Hookeův zákon	zákon, který platí v první části tahové zkoušky ocelí
houževnatost vrubová	mechanická vlastnost materiálu – odolnost proti rázům
houževnatost	mechanická vlastnost materiálu
kalení	tepelné zpracování mat. za účelem zvýšení tvrdosti
kokila	kovová slévárenská forma
koroze	samovolné okysličování materiálů
kování	zpracování materiálů rázy za tepla
krystalizace	(u krystalických látek) z tekuté fáze vznikají tuhé
kujnost (oceli)	vlastnost materiálu – vhodnost ke kování
lamelární grafit	struktura šedé litiny tvaru lamel
legování	přidávání ušlechtilých prvků do základního materiálu
legující prvek	prvek se přidává do zákl. materiálu, zlepšuje vlastnosti
likvidus	čára v diagramuFe - Fe_3C ohraničuje pevnou a tekutou fázi kovu
litina	slitina železa s uhlíkem, kde C je více jak 2,14%
martenzit	struktura oceli vznikající při kalení
metalurgie	obor, který se zabývá
mřížka krystalová	tvar krystalu vzniklého ochlazením taveniny
nitridování	sycení povrchu materiálu dusíkem
norma,	platný předpis, kterým se řídí určitá činnost
oceli konstrukční	oceli užívané na výrobu strojních součástí a
oceli na odlitky	oceli vhodné k lití – na odlitky
oceli nástrojové	oceli pro výrobu obráběcích nástrojů
oceli uhlíkové	oceli, kde hlavní přísadou je uhlík
oceli ušlechtilé	oceli, které jsou legovány prvky jako je Cr, Mn, Ni...
odlévání, odlitek	výrobek – odlitek vznikne vlitím tekutého kovu do formy
otěr	opotřebení povrchu materiálu třením
pájení	technologie výroby nerozebíratelného spoje
pájka měkká, tvrdá	materiál, který spojuje pájené součásti. Měkká má teplotu tavení do 500, tvrdá nad 500^oC
polotovar	materiál, který je určen pro další zpracování
popouštění	tepelné zpracování po kalení

překrystalizace	změna krystalové mřížky materiálu jeho ohřevem nebo ochlazením
radiální	kolmý na osu
rekrystalizace	zotavení – ozdravení deformovaného krystalu
rentgen RTG	neviditelné záření užívané pro defektoskopii
slévatelnost	vhodnost materiálů k lití
slinování	spékání při teplotě nižší jako je teplota tavení
slinutý karbid	materiál vzniklý spékáním, užívaný na obrábění
slitina	směs dvou nebo více kovů vzniklá při jejich roztavení
solidus	čára v diagramu Fe - Fe_3C, znamená konec krystalizace taveniny
tažnost	mechanická vlastnost materiálu – vhodnost k tažení
temperovaná litina	ze šedé litiny vzniká dlouhodobým žíháním
teplota tváření	teplota, při níž je materiál vhodné tvářet za tepla
třískové obrábění	obrábění, kterým z materiálu oddělují třísky např. vrtání
tuhý roztok	vzniká vniknutím atomu např. uhlíku do krystalu Fe
tvárnost	schopnost materiálu měnit tvar za tepla i za studena
tváření za tepla, za studena	formování materiálu lisováním, kováním, válcováním...
tvrdost	**neplést si pevností** - schopnost materiálu odolávat vnikání těles do povrchu
ultrazvuk	zvukové vlny o vysoké frekvenci
únava, mez únavy	napětí, při němž vydrží součást neomezený počet zátěžových cyklů
ušlechtilé prvky	většinou neželezné kovy, zlepšují mechanické vlastnosti
valivá ložiska	ložiska kuličková, válečková .....
vrubová houževnatost	odolnost proti rázům v místě vrubu nebo drážky
výbrus	povrch materiálu se broušením připraví pro sledování mikroskopem
zpracování tepelné	slouží ke změně vlastností materiálů působením tepla
zušlechťování	popouštění za vysokých teplot po kalení
žáropevnost	při vysokých teplotách si materiál zachová své mechanické vlastnosti, zvláště pevnost a další
žárovzdornost	odolnost materiálu proti opalu
žíhání	druh tepelného zpracování

POUŽITÁ LITERATURA

Bothe, O. Strojírenská technologie I, pro strojírenské učební obory, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1989

Bothe, O. Strojírenská technologie II, pro strojírenské učební obory, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1984

Dorazil, E. Nauka o materiálu I, přednášky, 3. vydání, Brno: Ediční středisko VUT, 1989

Hluchý, M. a kol. Strojírenská technologie I, Nauka o materiálu, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1976

Hluchý, M. Beneš, J. Strojírenská technologie pro SPŠ nestrojírenské, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1981

Hluchý, M. Strojírenská technologie I, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1984

Korita, J. Pluhař, J. Strojírenské materiály, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1982

Martinák, M. Kontrola a měření pro 3. ročník SPŠ strojnických, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1989

Míšek, B. Ptáček, L. Zkoušení materiálu a výrobků bez porušení, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1968

Morávek, O. Baborovský, V. Základy tepelného zpracování oceli, 2. vydání, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1964

Šulc, J. Vysloužil, Z. Laboratorní cvičení technologická a strojní pro SPŠ strojnické, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1970

Vávra , P. a kol. Strojnické tabulky pro SPŠ strojnické, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1984

http://www.arcelormittal.com/ostrava/index.html
http://www.trz.cz/trzhpcz/
http://www.zdas.cz/cs/index.aspx
http://www.wikipedia.cz

Učební text vznikl v rámci projektu „Obnova a modernizace technických oborů v Olomouckém kraji“, registrační číslo CZ.1.07/1.1.04/02.0071, operační program Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory Zvyšování kvality ve vzdělávání, termín realizace 1. 3. 2010 – 30. 11. 2011. Projekt byl spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Autoři učebního textu: Ing. Müller Miloslav a Mgr. Petržela Zdeněk

Partneři projektu:
- Střední škola polytechnická, Olomouc, Rooseveltova 79
- Střední odborná škola Jeseník a Střední odborné učiliště strojírenské a stavební, Dukelská, 1240/27, Jeseník
- Střední odborná škola a Střední odborné učiliště Uničov, Moravské nám. 681
- Střední odborná škola průmyslová a Střední odborné učiliště strojírenské, Prostějov, Lidická 4
- Střední odborná škola technická, Přerov, Kouřílkova 8
- Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Šumperk, G. Krátkého 30
- Střední odborná škola průmyslová, Hranice, Studentská 1384
- Střední odborné učiliště stavební Prostějov, Fanderlíkova 25
- Střední odborná škola železniční, stavební a památkové péče a Střední odborné učiliště, Šumperk, Bulharská 372/8
- Úřad práce Olomouc
- Magistrát města Olomouce, školský odbor