

Provedení zkoušek vlivu teploty na povrch nástroje

Tomáš Vrážel

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Vrážel**

Osobní číslo: **T120069**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Provedení zkoušek vlivu teploty na povrch nástrojů**

Zásady pro vypracování:

1. Historie a rozdělení kovových materiálů
2. Tepelné zpracování slitin železa
3. Povrch materiálů a jeho vlastnosti
4. Současné trendy povrchových úprav
5. Provedení a vyhodnocení navržené povrchové úpravy

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II. 2., opr. a rozš. vyd.* Brno: CERM, 2002, 392 s. ISBN 8072042483.

2. PLUHÁŘ, Jaroslav. *Nauka o materiálech. 1. vyd.* Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989, 549 s.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Hrdina

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. února 2013

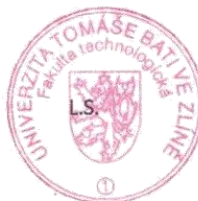
Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan.



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Práce se zabývá tepelnou povrchovou úpravou nástrojů. Dekorativní povrchová úprava nástrojů spočívá ve vytvoření estetické vrstvy, která umožňuje podstatné zvýraznění povrchu a jeho zbarvení. Tato povrchová úprava v sobě kombinuje estetické aspekty (barva, dekorativní efekty, celkový vzhled, jednoznačná identifikace firmy nebo nástroje) s celkovou životností nástrojů.

Klíčová slova: tepelné zpracování, povrchové úpravy, nástrojové oceli

ABSTRACT

Abstrakt anglicky

This work deals with thermal coated tools. Decorative finishing tool is to create aesthetic layer, which allows significant enhancement of the surface and its color. This coating combines the aesthetic aspects (color, decorative effects, overall appearance, unambiguous identification of firms or instruments) with a total tool life.

Keywords: heat treatment, surface finish, tool steel

Rád bych poděkoval všem lidem, kteří mi byli nápomocni při tvorbě mé bakalářské práce. Zvláště bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Josefu Hrdinovi za odborné vedení, cenné rady a náměty, které mi poskytoval při vypracování bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, 17.5.2005

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HISTORIE A ROZDĚLENÍ KOVOVÝCH MATERIÁLŮ	12
1.1 ROZDĚLENÍ KOVŮ.....	12
1.2 SUROVÉ ŽELEZO	13
1.3 OCEL	15
1.3.1 Vlastnosti oceli.....	15
1.3.2 Rozdělení ocelí.....	17
1.3.3 Značení ocelí	18
1.4 LITINY	20
1.4.1 Rozdělení litin	20
1.4.2 Značení litin	21
2 TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ OCELI	22
2.1 ŽÍHÁNÍ	22
2.1.1 Žihání ke snížení vnitřního pnutí	22
2.1.2 Žihání na měkko.....	23
2.1.3 Normalizační žihání	23
2.2 KALENÍ	24
2.2.1 Termální kalení	24
2.2.2 Izotermické kalení	24
2.3 POPOUŠTĚNÍ	25
3 VLASTNOSTI POVRCHU KOVŮ	26
3.1.1 Struktura povrchu:.....	26
3.1.2 Vlastnosti povrchu:	26
3.2 ZÁKLADY KRYSTALOGRAFIE	28
3.2.1 Krystalová mřížka	29
3.2.2 Poruch krystalové mřížky	29
3.3 PORUŠOVÁNÍ POVRCHŮ	32
3.3.1 Koroze	32
3.3.2 Opotřebenění.....	33
3.3.3 Porušování povlaků	34
4 MOŽNOST OCHRANY POVRCHŮ	35
4.1 ÚPRAVA PROSTŘEDÍ	35
4.2 VOLBA VHODNÉHO MATERIÁLU A POVRCHOVÝCH ÚPRAV.....	35
4.3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ A TECHNOLOGIE VÝROBY	37
5 PŘEDÚPRAVA POVRCHU	39
6 ANORGANICKÉ NEKOVOVÉ POVLAKY A VRSTVY	42
7 KOVOVÉ POVKALY A VRSTVY	44
8 ORGANICKÉ POVLAKY	47
9 HODNOCENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV	50

9.1	ORGANIZACE ŘÍZENÍ JAKOSTI.....	50
9.2	KRITERIA JAKOSTI POVLAKOVÉHO SYSTÉMU.....	50
II	PRAKTICKÁ ČÁST	51
10	NÁVRH ÚPRAVY POVRCHU ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ.....	52
10.1	PŘÍPRAVA VZORKU.....	52
10.2	POUŽITÉ PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ.....	53
10.3	POUŽITÁ METODA A POSTUP ZPRACOVÁNÍ.....	54
11	VÝSLEDEK ZKOUŠEK	56
11.1	PROVEDENÍ DESIGNU	56
11.2	OVĚŘENÍ OVLIVNĚNÍ TZ	58
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ	65
	SEZNAM TABULEK.....	66
	SEZNAM PŘÍLOH.....	67

ÚVOD

Zvyšování technické úrovně, užitné hmoty, jakosti a spolehlivosti strojních výrobků při dodržování ekonomických a ekologických limitů patří mezi hlavní rozvoje hospodářství. Při užití těchto výrobků dochází k jejich vzájemnému styku i k interakci s okolním prostředím, a tím i jejich povrchové degradaci vlivem opotřebení, koroze a dalších vlivů. Povrchové úpravy se tedy významně podílejí na výsledné jakosti výsledného zařízení. Ovlivňují jeho životnost, provozní spolehlivost, a tím i jeho využitelnost, pohotovost a nároky na údržbu. Nedostatečná resp. nevhodná povrchová ochrana může znehodnotit i vynikající technické dílo. Povrchová ochrana ovlivňuje a podmiňuje nejen funkčnost strojních výrobků, ale i jejich vzhled. I když vzhledově narušená zařízení jsou ještě funkčně využitelná, klesá jejich prodejnost a stoupá možnost znehodnocení okolního prostředí.

Řešení problematiky povrchových úprav vyžaduje základní znalosti z elektrochemie, metalurgie, fyziky, chemie, vlastností materiálů a v neposlední řadě i z teorie a technologií povrchových úprav.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE A ROZDĚLENÍ KOVOVÝCH MATERIÁLŮ

Kovy jako takové ovlivnily značným způsobem vývoj lidské civilizace. Prvním kovem, se kterým se člověk setkal, bylo s největší pravděpodobností zlato, které na sebe upoutalo pozornost svým leskem a barvou. Lidé je nacházeli a za studena z něj vyráběli různé ozdoby (5000 - 6000 let před Kr.). Teprve později přišli na zpracování zlatého prachu tavením a odlévaly ho do různých tvarů. Dalším významným kovem, který člověk poznal, byla měď. Někteří vědci tvrdí, že měď byla objevena ještě před zlatem a to již 5000 let před Kr.. Kolem roku 3000 let před Kr. začala měď nahrazovat bronz. Tato slitina byla mnohem tvrdší než samotná měď a umožnila výrobu lepších a hlavně trvanlivějších nástrojů. Jako další můžeme zařadit olovo, které bylo známé už v Babylónii, starém Egyptě, Řecku a Indii (3000 let před Kr.). Kov se získával převážně prostým „vytavením“ leštěnce olověného (PbS). Cín dováželi Féničané z Británie (16. – 12. stol. před Kr.), ale pravděpodobně byl objeven mnohem dříve a to ve starém Egyptě zhruba 3000 let před Kr.. U zinku je prokázáno, že již ve 3. tisíciletí před Kr. Babyloňané tavili slitiny mědi, kde se nacházel i zinek a cín. Stříbro bylo objeveno společně se zlatem, ale člověk se ho naučil zpracovávat až 2500 let před Kr. Staré národy zaujalo velmi záhy i meteorické železo, které se nacházelo v přírodě. Egypťané ho dokonce nazývali nebeským kovem. První, kdo se naučil zpracovávat železo z rud, byly Chetitové, ti ovšem toto tajemství dlouho tajili, teprve rozpadem jejich říše (3200 let před Kr.) začíná doba železná. Výrobě železa se naučila i Čína bohatá na železné rudy. Někteří historikové se domnívají, že právě v Číně předstihla doba železná dobu bronzovou. Všechny tyto kovy byly objeveny ve starověku a provází lidstvo dodnes. Ve středověku byl objeven bismut, který je jako kov znám od roku 1480. V 18. století jsou to kobalt, platina, nikl, hliník, baryum, mangan, molybden, wolfram, uran, zirkon, titan, stroncium, yttrium, chrom. Další kovy byly objeveny až v 19. a 20. století [1].

1.1 Rozdělení kovů

Typickými vlastnostmi kovů jsou neprůhlednost, kovový lesk (způsobený schopností odrážet viditelné světlo), kujnost, tažnost, dobrá elektrická a tepelná vodivost. Všechny kovy jsou za laboratorní teploty pevnými látkami s výjimkou rtuti, která má bod tání $-38,83^{\circ}\text{C}$ a je tedy za normálních podmínek kapalná. Charakteristické vlastnosti kovů podmiňuje charakter vazby a krystalová struktura. Navzájem se od sebe liší některými vlastnostmi, především hustotou, teplotou tání, stálostí na vzduchu a také svou dostupností.

Technické kovy (tj. kovy využívané v technické praxi) jsou krystalické látky, a to převážně slitiny základního kovu s dalšími kovovými nebo nekovovými prvky. Získávají se metalurgickými pochody z rud. Dělí se na dvě části a to na želené kovy a na neželezné kovy. [2]

Nejdůležitějším kovem téměř pro všechna průmyslová odvětví je železo. Čisté železo (Fe) je měkké, snadno tvárné, tepelně i elektricky dobře vodivé a snadno svařitelné. Pro svoji pevnost má však jen velmi omezené použití. Převážně se požívá technických slitin železa je to slitina železa s uhlíkem a jinými prvky, které mají vliv na vlastnosti těchto slitin. Podle obsahu uhlíku se technické slitiny železa dělí na oceli, které obsahují maximálně 2,14 % uhlíku (výjimkou jsou některé chromové oceli) a na surová železa a litiny, které obsahují více jak 2,14% uhlíku. [3]

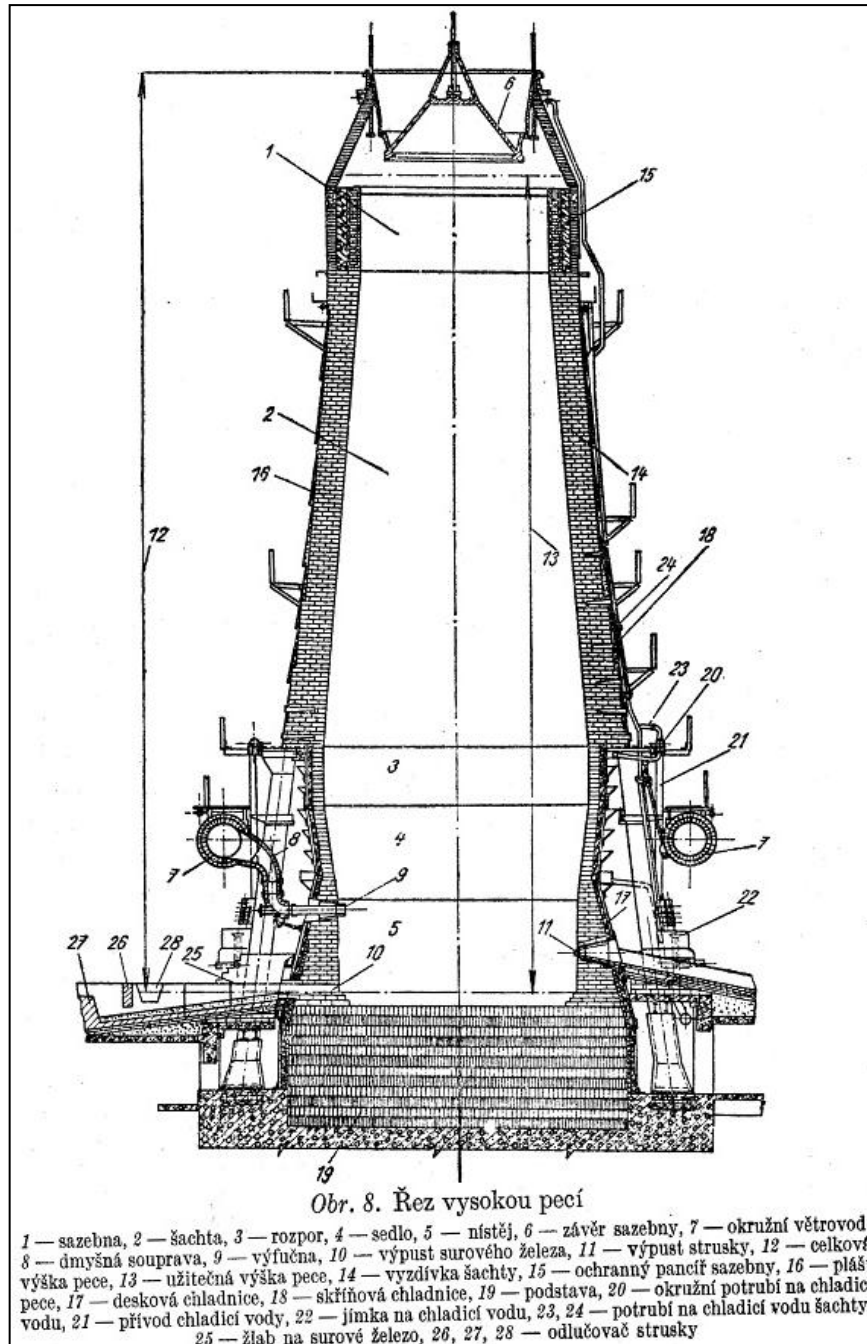
1.2 Surové železo

Surové železo se vyrábí z železné rudy ve vysokých pecích (Obr. 1) s plynulým zavážením kovové vsázky, paliva a struskotvorných přísad. Palivo se spaluje proudem vzduchu přehřátého na 1000°C až 1300°C vháněného do pece výfučnými. V oblasti výfučen vzniká redukční plyn o teplotě 1800°C až 2100°C. Redukčními složkami plynu jsou CO a H₂. Vyredukované železo je nahličováno koksem a shromažďuje se v níštěji pece. Nad hladinou surového železa se shromažďuje struska. Surové železo a struska se pravidelně vypouštějí. Vysoké pece pracují nepřetržitě 10 až 15 let. [5]

Vzduch, který se vhání do vysoké pece, se přehřívá v ohřívacích větru (Cowperovy ohříváče). Ohříváče pracují jako regenerativní ohříváče vytápěné smíšeným plynem. [4]

Pracovní profil vysoké pece je určen procesy, které ve vysoké peci probíhají. Vsázka (ruda, koks, vápenec) se sázejí do pece přes zvonový uzávěr do sazební, která má válcový tvar. Tvar sazební je podmíněn nutností co nejvíce omezit nekontrolovatelné změny násypného profilu. Šachta má tvar komolého kuželu se širší základnou. Dolů se rozšiřující tvar šachty umožňuje vsázce při ohřevu rozpínat do stran a usnadňuje její plynulý sestup do spodních částí vysoké pece. Opačně proudící plyny se naopak směrem nahoru ochlazují a zmenšují svůj objem. Rozpor ve tvaru nízkého válce představuje plynulý přechod šachty do sedla, který má tvar komolého kuželu s užší dolní základnou. Zužování sedla směrem dolů je v souladu se zmenšováním objemu vsázkových surovin při jejich měknutí a tavení. Těsně pod sedlem v níštěji jsou umístěny výfučny. V prostoru před výfučnými probíhá spalování

paliva a nachází se oblast s nejvyššími teplotami ve vysoké peci. Rozšířený profil vysoké pece nad výfučnými odklání vyzdívku od proudů nejteplejších plynů a tím se dosahuje vyšší životnosti vyzdívky. Nístěj pece je spodní válcová část, v níž se hromadí surové železo a nad ním struska. Surové železo a struska se odpouští odpichovými otvory. Vyzdívka nístěje se zhotovuje z uhlíkových materiálů. Ostatní části pece jsou zděny šamotovými tvárniciemi. Podle pracovní teploty se volí jakost šamotu. [5]



Obr. 1. Vysoká pec.

Surové železo z vysokých pecí se odpouští do pánví, v nichž se přepravuje dál ke zpracování, nebo se vypouští na slévací pole, kde tuhne na tzv. housky nebo desky.

1.3 Ocel

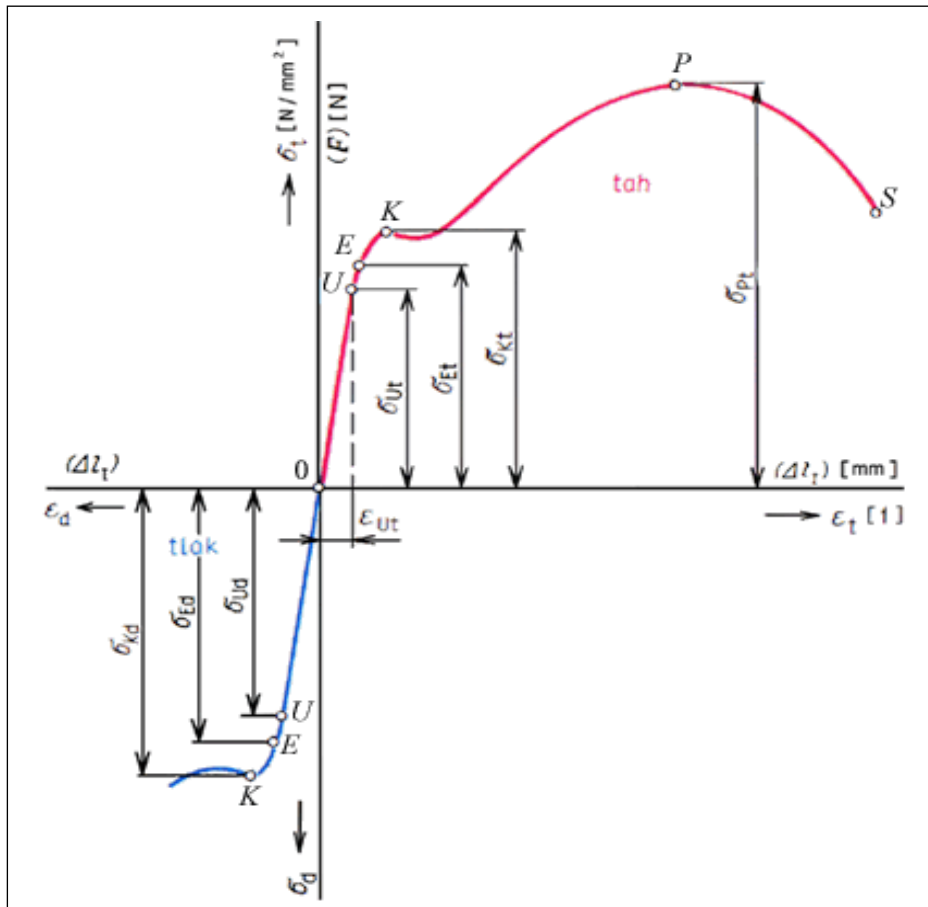
Pro své mechanické a technologické vlastnosti je ocel dodnes nejdůležitějším technickým materiálem. Její všestrannost jako materiálu pro stavbu strojů, zařízení, strojů apod. Vede k výrobě oceli o nejrůznějších vlastnostech. [4]

Vyrábí se tzv. zkujňováním surového železa, při němž se uhlík (C) i ostatní prvky (Si, Mn, S, P) obsažené v surovém železe spalující nebo se jejich obsah snižuje na vhodné množství. Ocel se získává při teplotě 1600°C až 1800°C, takže zůstává po celý výrobní proces řídce tekutá. Ocel běžné a střední jakosti se vyrábí v konvektorech a martinských pecích. Nejvyšší ocel, tj. ocel přesného chemického složení, se vyrábí v elektrických pecích obloukových nebo indukčních. Poslední dobou se osvědčuje výroba oceli v kyslíkových konvertorech. Rozdíl oproti zkujňování v obyčejných konvertorech spočívá v tom, že se místo vzduchu dmýchá čistý kyslík na hladinu taveniny v konvertoru. Pro urychlení se ještě konvertor otáčí. [3]

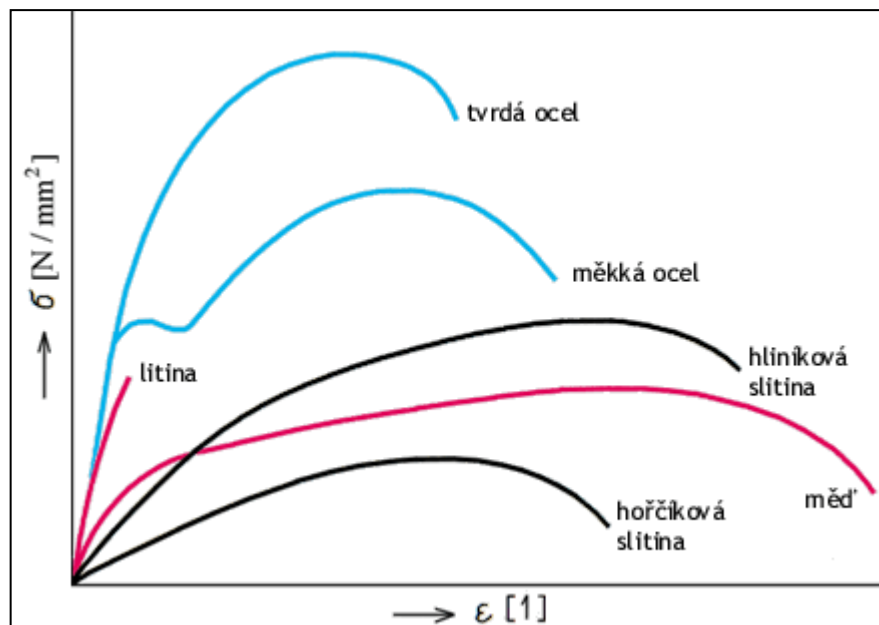
Po skončení zkujňovacího procesu se vyrobená ocel vypouští z pece do pánve. Z pánve se ocel odlévá buď do kovových forem zvaných kokily, v nichž ocel tuhne v ingoly, které se dále zpracovávají tvářením na ocel tvářenou, nebo se odlévá do slévárenských forem, ve kterých tuhne na ocelové odlitky. [4]

1.3.1 Vlastnosti oceli

Oceli jsou nejčastěji používanými kovovými materiály, jehož zejména mechanické vlastnosti závisí na obsahu uhlíku, dalších prvků a kombinací tepelného a tepelně-mechanického zpracování je možno ovlivnit vlastnosti ocelí v širokém rozmezí a tak jejich vlastnosti přizpůsobit zamýšlenému použití. Strukturní složky jsou popsány v binárním diagramu železo-uhlík. Obecně lze říct, že hustota oceli je přibližně $7850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a modul pružnosti v tahu i tlaku je zhruba 200 GPa. Pevnost v tlaku závisí na velikosti zkoušeného prvku a na složení oceli a pohybuje se mezi 250 MPa až 2000 MPa. Tažnost běžných ocelí se pohybuje mezi 10% až 25%. Deformace v tahu a tlaku lze zobrazit na pracovním diagramu (Obr. 2) který se liší podle požití různých kovů a jejich slitin. (Obr. 3) [2], [6]



Obr. 2. Pracovní diagram zkoušky tahem a tlakem u měkké nelegované oceli.



Obr. 3. Pracovní diagram různých kovů a jejich slitin.

1.3.2 Rozdělení ocelí

Ocel se dělí podle chemického složení na nelegované oceli, legované oceli a podle použití na oceli konstrukční a nástrojové.

Oceli nelegované jsou slitiny železa a uhlíku. Uhlík, který může mít v těchto ocelích obsah až 2,14%, má ze všech ostatních prvků (Mn, Si, P, S aj.) největší vliv na jejich vlastnosti. Zvyšuje zejména pevnost a tvrdost. Běžné druhy nelegovaných ocelí obsahují max. 1,5% C. Jsou to oceli č.10 – 12 a některé 19. [3]

Nelegované oceli se pak dělí na tři podskupiny a to na oceli obvyklých jakostí, nelegované jakostní oceli a nelegované ušlechtilí oceli. Oceli obvyklých jakostí jsou nelegované oceli, kde požadavky na jakost nevyžadují zvláštní opatření při výrobě. Nelegované jakostní oceli jsou druhy, pro které všeobecně není předepsána rovnoměrná reakce na tepelné zpracování ani požadavek na stupeň čistoty, ale jsou na ně kladeny na základě namáhání přísnější nebo dodatečné požadavky než na oceli obvyklých jakostí. Výroba proto vyžaduje větší pozornost. Nelegované ušlechtilé oceli jsou druhy, které na rozdíl od jakostních ocelí vykazují vyšší stupeň čistoty a jsou určeny hlavně na zušlechťování a kalení. Ušlechtilé nelegované oceli mají rovnoměrnější reakci na tepelné zpracování, přesné chemické složení a těchto vlastností je dosahováno zvláštními podmínkami na výrobu a zkoušení. [4]

Oceli legované obsahují kromě malého množství uhlíku větší množství jednoho nebo více slitinových prvků, které se přidávají do ocelí při jejich výrobě. Vlastnosti těchto ocelí jsou dány druhem a množstvím slitinových prvků, a podle prvku, který obsahuje, se poté nazývá. Jsou to např. ocel niklová (Ni), ocel zinková (Zi). Jsou to oceli č. 13 – 17 a některé 19. [3]

Legované oceli se pak dělí na dvě podskupiny a to na legované jakostní oceli a legované ušlechtilé oceli. Legované jakostní oceli jsou vyráběny k podobným účelům jako nelegované jakostní oceli, ale obsahují legující prvky v obsazích, které z nich dělají legované oceli. Nejsou všeobecně určeny k povrchovému kalení a zušlechťování. Legované ušlechtilé oceli jsou oceli, u kterých je dosahováno požadovaných zpracovatelských a užitečných vlastností. Mají přesné stanovení chemického složení a zvláštní podmínky výroby a zkoušení. Patří sem zejména oceli nerezavějící, žáruvzdorní, nástrojové aj. [4]

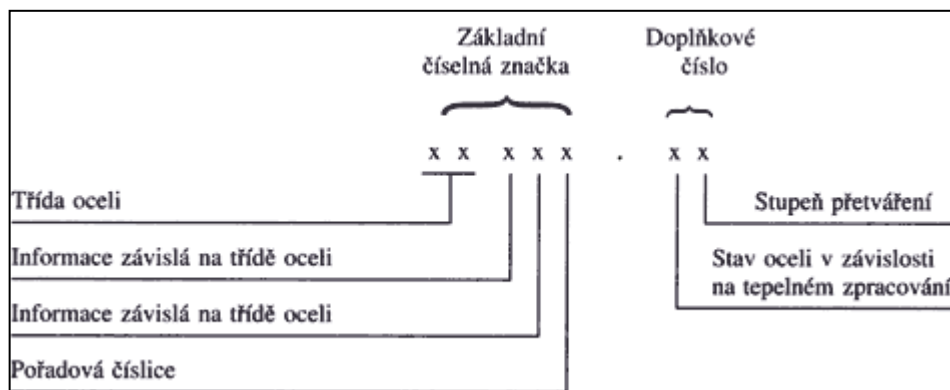
Oceli na odlitky je slitina železa s uhlíkem a jinými prvky s obsahem uhlíku nižším než 2,14% a ve struktuře neobsahuje eutektickou fázi. Kromě doprovodných prvků

a výrobě nutného množství přísadových prvků může obsahovat také legovací prvky. Podle stupně legování se dělí na nelegované a legované oceli na odlitky. [4]

1.3.3 Značení ocelí

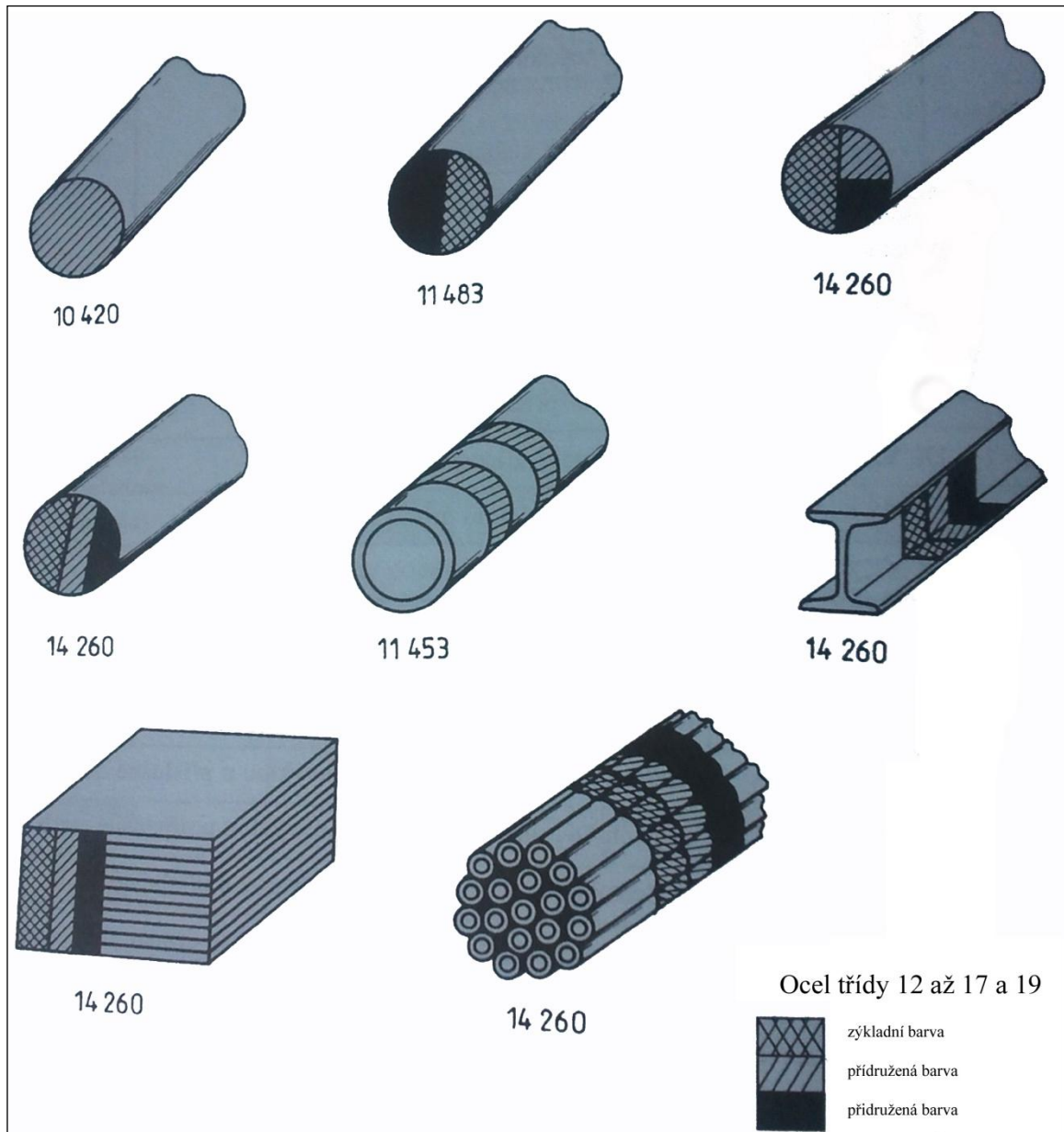
Oceli se dělí do devíti tříd jakosti podle chemického složení. Jsou to třídy 10 až 17 a 19. Naše normy označují oceli jednak číselně tak i barevně.

Číselné značení ocelí se skládá z 5 základních čísel a zpravidla ještě 2 doplňková čísla (Obr. 4). Číslo normy jakosti příslušné značky oceli je, ale číslo šestimístné. Vytváří se tím, že se předradí základní číselné značce číslice 4. Například u oceli, která se značí 11 500, je číslo normy ČSN 41 1500. Kromě značení nám norma předepisuje také způsob psaní a čtení uvedených značek. První dvojčíslí číselné značky se píše a čte odděleně. Například ocel 11 500 se čte: ocel jedenáct pět set. U normy je to stejné jen za prvním dvojčíslím následuje čtyřčíslí. Například ocel 11 480 se zapisuje: ČSN 41 1480 a čte: norma jakosti oceli čtyřicet jedna čtrnáct osmdesát. Doplňková čísla jsou oddělena od základních tečkou. [4]



Obr. 4. Schéma číselného značení ocelí.

Barevné označování ocelí se značí normalizované hutní výrobky z ocelí třídy 10 až 17 a 19 se označují jedním až třemi barevnými pruhy a to na základě normy, která dělí označení do dvou skupin, a to pro oceli 10 a 11 a pro oceli třídy 12 až 17 a 19. U ocelí třídy 10 a 11 je použito jednoho, nanejvýš dvou barevných odstínů. U ocelí třídy 12 až 17 a 19 je použito tří barevných odstínů. Každá třída má pak svůj základní odstín stejný pro celou třídu a jednotlivé druhy ocelí téže třídy mají další dvě různé přidružené barvy. Barevných odstínů je celkem 13 a jednotlivé hutní výrobky se označují buď na čele, nebo na konci polotovaru. (Obr. 5) [4]



Obr. 5. Příklad barevného označení ocelí.

U ocelí na odlitky je značení základním šestimístným číslem, k němuž se připojuje dvoumístné doplňkové číslo. První dvojčíslí je vždy 42 a vyjadřuje nám třídu norem pro hutnictví. A píše se odděleně. Druhé dvojčíslí druh oceli podle stupně legování takto: 26 – nelegované, 27 – nízko a středně legované a 28 – vysokolegované. Třetí dvojčíslí má různý význam u legovaných a nelegovaných ocelí. U nelegovaných dvojčíslí 00 až 29 udává závislost na uhlíku a odlitky se odlévají jiným způsobem než do pískových forem. Pokud je dvojčíslí 30 až 99 nám udává přibližnou hodnotu meze pevnosti v tahu v 10 MPa. Odlitky se odlévají do pískových forem. U legovaných ocelí nám udává skupiny legovacích prvků. Tyto skupiny jsou jmenovitě uvedeny v ČSN. [4]

1.4 Litiny

Litiny jsou slitiny s převahou železa, které obsahuje uhlík o množství více jak 2,14% a dále mangan, křemík a další prvky. Uhlík je v nich přítomen nejen ve formě tuhého roztoku uhlíku v železe (tzv. austenit), ale i jako vyloučeniny grafitu různého charakteru. Litiny jsou charakteristické vysokou pevností v tlaku a nízkou pevností v tahu, křehkostí, malou tažností, odolností vůči korozi a špatnou svařitelností. Litiny jsou určeny téměř výhradně k výrobě odlitků. [2]

Vyrábí se roztavením surového železa a litinového nebo ocelového odpadu. Tvorba litin probíhá nejčastěji v kuplovnách (také v kupolních nebo kuplových pecích) – válcových nebo kónických šachtových tavicích pecích. Palivem v nich je slévárenský koks. Díky koksu se nám ocel nauhličuje na stanovenou hranici. Obsah uhlíku lze regulovat vsázkou ocelového odpadu, teplotou, obsahem dalších prvků a složením strusky. Litiny se také vyrábějí v elektrických indukčních pecích, rotačních bubnových pecích nebo kuplovnách kde je koks nahrazen plynnými nebo kapalnými uhlovodíkovými palivy. [2]

1.4.1 Rozdělení litin

Litiny se rozlišují a dělí podle způsobu vyloučení grafitu (uhlíkových zrn) z železa. Tvar a velikost grafitu je určující pro vlastnosti litin, určuje jejich křehkost a tvrdost. Rozlišit vyloučení grafitu lze pod mikroskopem. Litiny se dělí podle struktury na šedé, tvárné a temperované. [3]

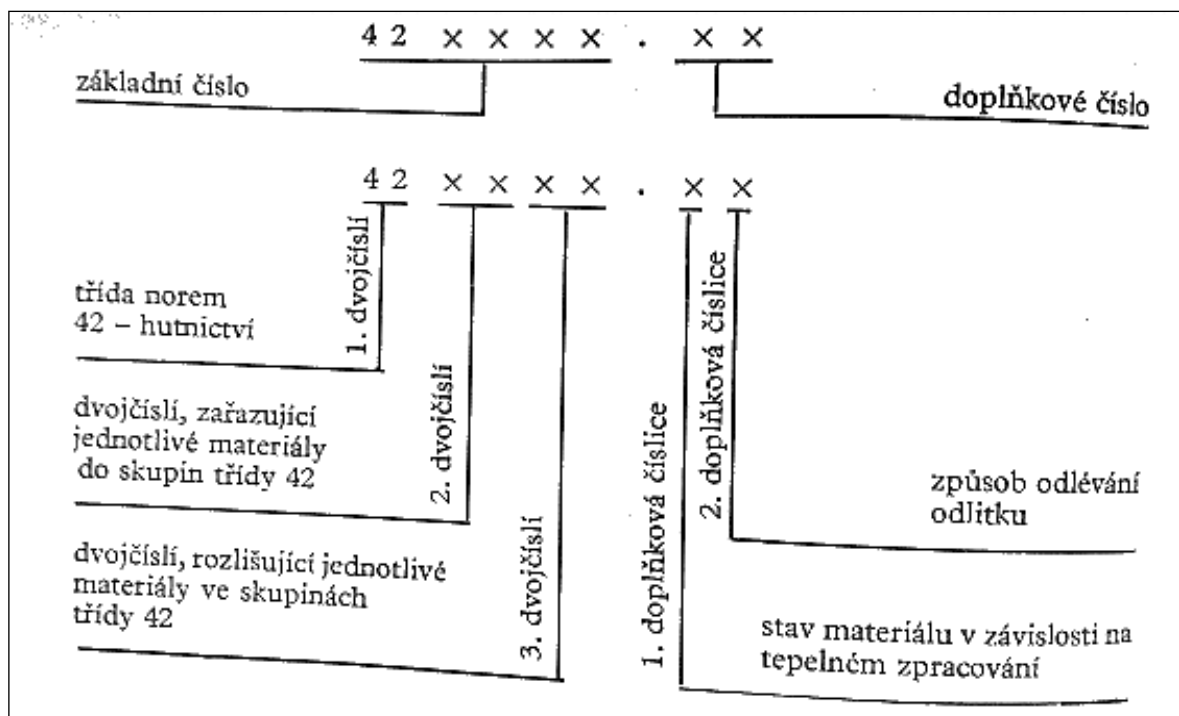
Šedá litina se vyrábí přetavením surového vysokopecního železa a ocelového šrotu v kuplovnách nebo v elektrických pecích. Tavenina se potom odlévá převážně do pískových forem. Předností je její dobrá zabíhavost (zatékavost) i do složitých forem, relativně nízká tavicí a licí teplota (1100–1300 °C) a dobrá odolnost vůči korozi. Používá se na odlitky, kde jsou kladeny velké nároky na houževnatost a pevnost. [7]

Tvárná litina je slitina železa s uhlíkem a dalšími prvky. Uhlík je vyloučen ve formě grafitu. Díky dobrým mechanickým vlastnostem, dobré opracovatelnosti a ekonomicky výhodné výrobě je velmi rozšířeno použití tvárné litiny v průmyslu. [8]

Temperovaná litina je litina vytvořená tepelným zpracováním (tzv. temperancí). Je svým složením podobná šedé litině, je však o něco tvrdší. [7]

1.4.2 Značení litin

Je tvořeno základním šestimístným číslem a zpravidla dvěma doplňkovými (Obr. 6). Začíná vždy 42 a vyjadřuje třídu norem pro hutnictví a píše se odděleně. Druhé dvojčíslí nám říká, o jaký druh litiny jde. Temperované litiny – 23, šedé lity – 24, temperované litiny – 25. Třetí dvojčíslí nám udává mez pevnosti v tahu v 10 MPa a u tvárných litin je to ve 100 MPa. Doplňková čísla nám poté udávají způsob tepelného zpracování a způsob odlévání odlitků.



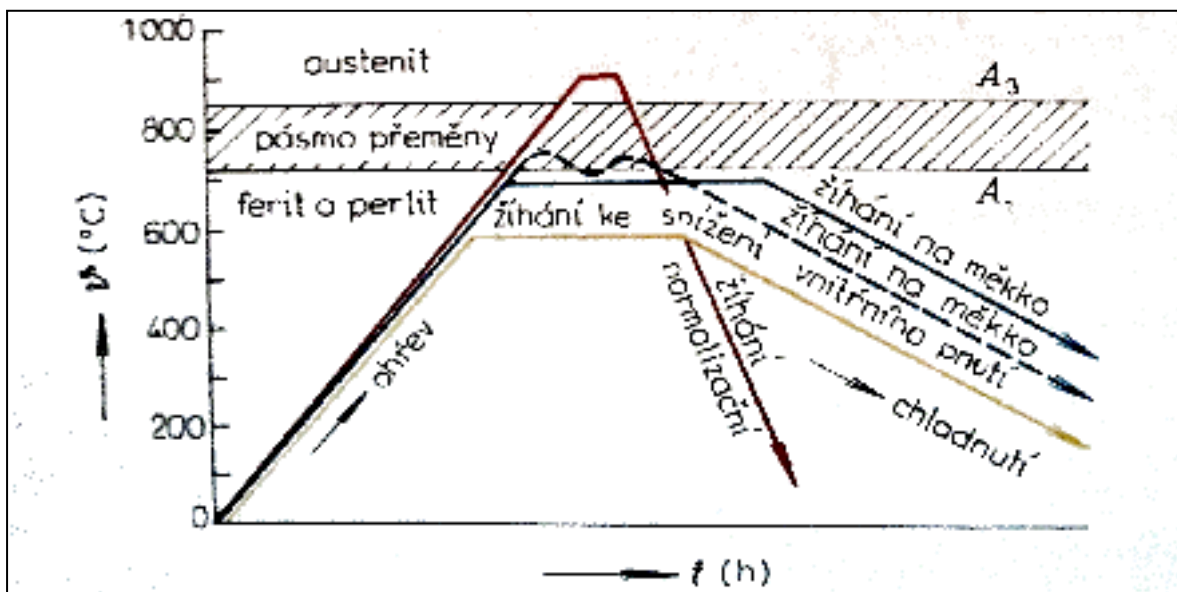
Obr. 6. Číselné značení litin.

2 TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ OCELI

Tepelné zpracování se rozumí řízené přeměny fázových a strukturálních přeměn v tuhém stavu s cílem získat požadované mechanické, technologické či jiné vlastnosti výrobku nebo polotovaru. V průběhu tepelného zpracování se většinou řízené změny teploty (tepelné zpracování), změny chemického složení povrchových vrstev a teploty (chemicko-tepelné zpracování) nebo změn teploty a důsledků plastické deformace (tepelně-mechanické zpracování) [5]

2.1 Žihání

Je to v podstatě pomalý proces ohřev na teplotu žihání, setrvání na určité dobu na této teplotě a pomalé ochlazení. Podle výše teploty, doby ohřevu a rychlosti ochlazení se žihání například dělí na žihání bez překrytality (na snížení pnutí, žihání na měkko) (Obr. 7) a s překrytality (normalizační žihání). [3]



Obr. 7. Diagram časových a teplotních průběhů při žihání.

2.1.1 Žihání ke snížení vnitřního pnutí

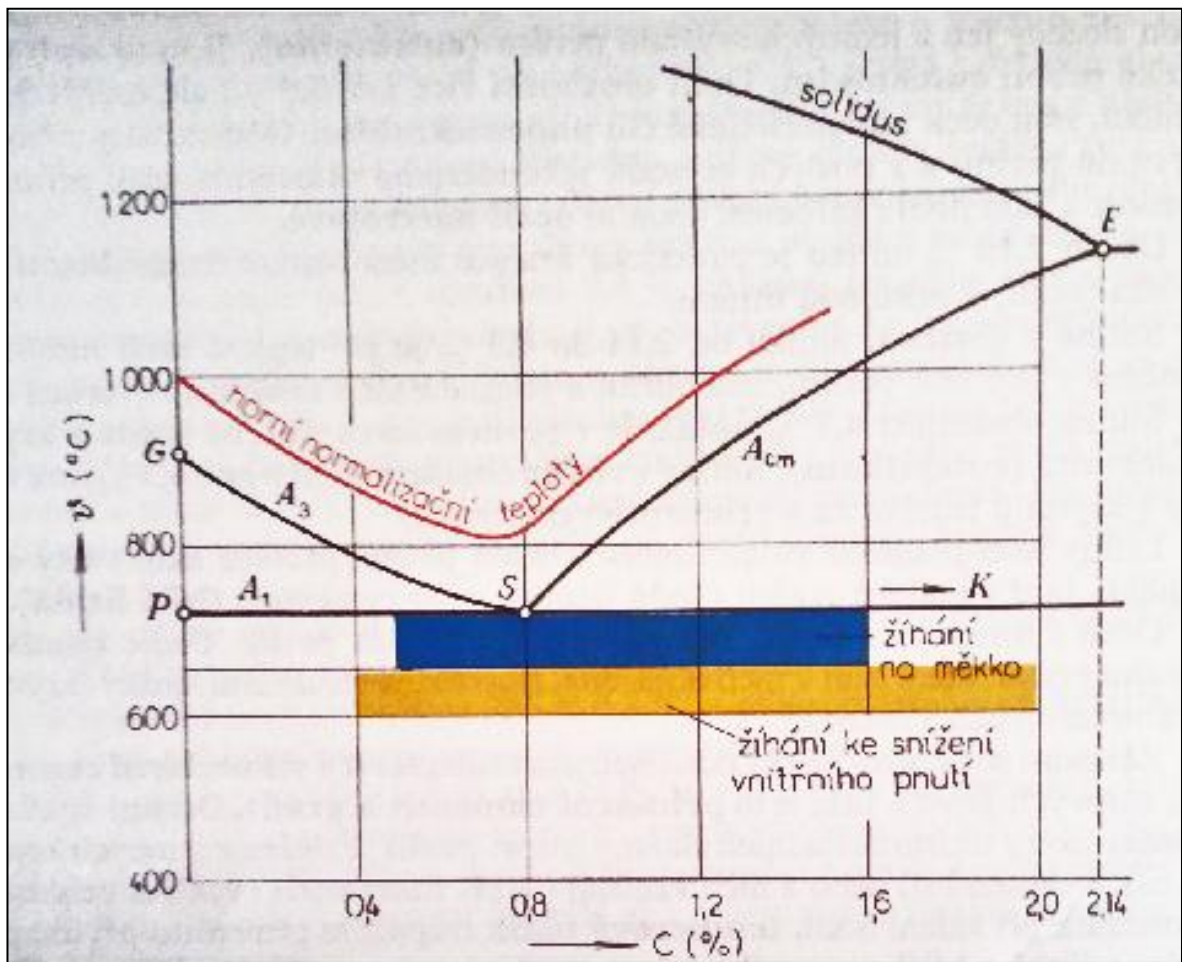
Provádí se s cílem snížit nebo úplně odstranit vnitřní pnutí, které vzniká ve výrobcích při jejich předcházejícím zpracování jako důsledek. Teploty žihání jsou v rozsahu od 500°C až po teplotu 650°C. Ochlazení se provádí pomalu, nejlépe vychladnutím v žihací peci. [5]

2.1.2 Žihání na měkko

Provádí se za účelem snížení tvrdosti kvůli zlepšení obrobiteľnosti oceli. Ocel se ohřívá 2 až 4 hodiny těsně pod teplotou 727 °C. Ochlazení by mělo probíhat co nejpomaleji. Tohoto způsobu žihání se používá například při opravě již zakalených nástrojů. [3], [5]

2.1.3 Normalizační žihání

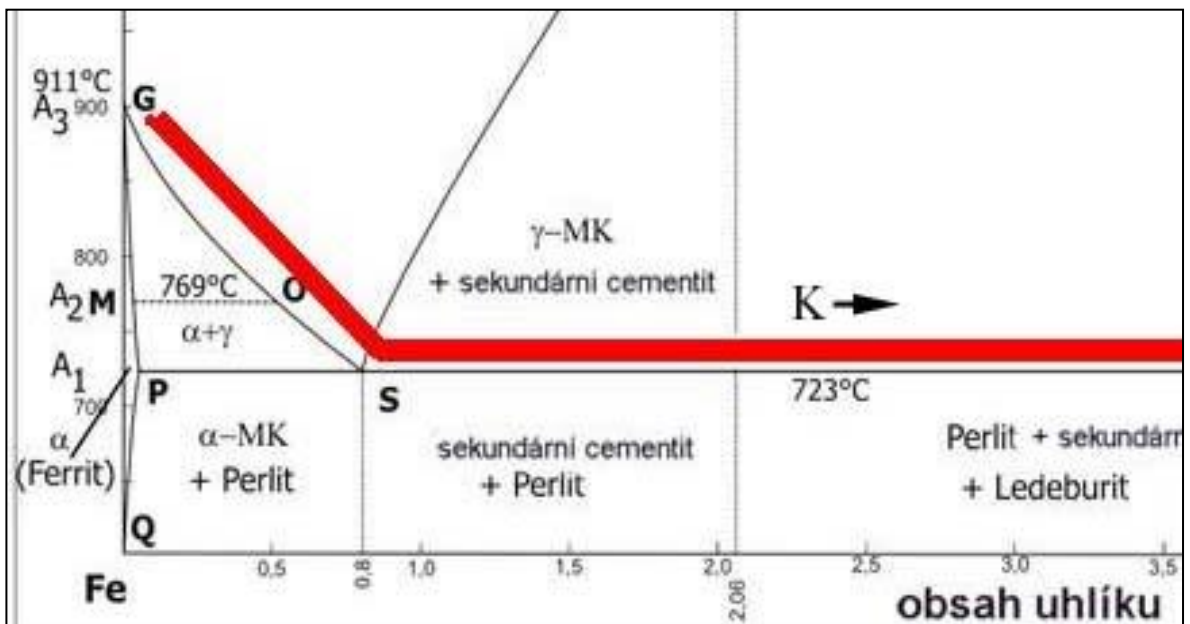
Provádí se za účelem zjemnění austenitického zrna a zjemnění sekundární struktury. Je vhodné pro uhlíkové a nízkolegované oceli. Zpravidla se normalizují výkovky, svařované součásti a odlitky. Ocel se ohřívá rovnoměrně na teplotu 30 až 50°C nad teploty dané v rovnovážném diagramu na křivce GSE (Obr. 8) a poté se volně ochlazuje na vzduchu. [3], [5]



Obr. 8. Žihací teploty nelegovaných ocelí.

2.2 Kalení

Spočívá v pomalém a stejnoměrném ohřátí oceli na teplotu kalení a v rychlém ochlazení. Cílem je dosáhnout zvýšené tvrdosti oceli. Teploty kalení jsou o 30 až 50°C vyšší než teploty dané v rovnovážném diagramu čarou GSK (Obr. 9) u legovaných ocelí je tato teplota až 1320°C. Účelem ohřevu je přeměna feritu (rozpuštění v austenitu) a dosažení stejnoměrné austenitické vrstvy. Zvýšením kalicí teploty by mohlo nastat přehřátí oceli (zhrubnutí zrna) nebo dokonce k její spálení (zničení). [3]



Obr. 9. Kalicí teploty nelegovaných ocelí.

2.2.1 Termální kalení

Slouží k dosažení nižšího vnitřního pnutí a menší deformace v kaleném předmětu. Předmět ohřátý na kalicí teplotu se ponoří do lázně 200 až 300°C teplé, ponechá se tam nějakou dobu a poté se ochladí na vzduchu. [3]

2.2.2 Izotermické kalení

Jedná se o podobný postup jako u termálního kalení jen s tím rozdílem že ohřátý předmět ochladíme v lázni o teplotě 500°C a ponecháme ho tam tak dlouho než se všechen austenit promění v bainit. Poté necháme zhládnout na vzduchu. Pnutí a deformace jsou ještě menší než u termálního kalení. Izotermicky zakalené předměty se již nepopouštějí. [3]

2.3 Popouštění

Popouštěním se zmírňuje nežádoucí křehkost a vnitřní pnutí zakalených předmětů a do jisté míry se zvyšuje jejich houževnatost, na úkor tvrdosti. Po kalení se provádí popouštění a to tak, že necháme zakalený předmět vychladnout. Poté zahřejeme předmět na kalící teplotu a zchladíme ve vodě. Popouštění provádíme dle potřeby mezi teplotami 160 - 650 °C. Při popouštění je nezbytně nutné dodržet teplotu ale i čas. [3]

3 VLASTNOSTI POVRCHU KOVŮ

3.1.1 Struktura povrchu:

Fyzika pevných látek vysvětluje makroskopické vlastnosti pevných látek na základě jejich kvantově mechanického modelu jako souboru velkého množství částic, a to molekul, atomů, iontů a elektronů, které pevné látky vytvářejí. [14]

Při podrobném zkoumání zjistíme, že žádná rovina není v atomárních rozměrech dokonale geometricky hladká, uvažujeme-li uspořádání atomů v dané rovině.

Charakteristickou vlastností každého povrchu pevné fáze je skoková změna symetrie sil působící na atomová jádra krystalové mříže. Zatímco uvnitř objemu jsou tyto síly v různých směrech vzájemně kompenzovány, povrchová vrstva je v tomto smyslu nenasyčená. Tato okolnost má za důsledky:

- Vzdálenost povrchové vrstvy od zbytku krystalů může být jiná, než je vzdálenost ekvivalentních rovin rovnoběžných s povrchem uvnitř objemu, pak hovoříme o relaxaci povrchu.
- Uspořádání atomů v rovině může být odlišné od struktury ekvivalentní roviny uvnitř krystalu (rekonstrukce povrchu), což může být důsledkem nestability krystalové plochy v povrchu.
- Povrchová vrstva nemusí být rovinná, může dojít k vytvoření soustav nových stabilnějších mikroplošek.
- Neúplné nasycování povrchových vazeb má za následek silové pole vedoucí k hromadění molekul plynu v blízkosti povrchu. [14]

3.1.2 Vlastnosti povrchu:

Abychom mohli posuzovat vlastnosti povrchů, musíme znát nejprve modely a zákonitosti “dokonalého“ povrchu fyzikálně čistého kovu bez interakcí s jiným prostředím a rozdíly, jimiž se uspořádání liší od objemu uvnitř kovu. Teprve po tomto zjištění si můžeme udělat představu, jak charakterizovat “skutečný” povrch kovu. Vlastnosti kovů se dělí podle toho, co potřebujeme zjistit. Jsou to vlastnosti povrchu fyzikální, chemické, geometrické a mechanické. [14]

Fyzikální vlastnosti povrchu:

Mezi typické fyzikální vlastnosti povrchu patří emisivita (ϵ). Za určitých podmínek se nám mohou z povrchu kovu uvolňovat elektrony a to buď ohřevem na vysokou teplotou, mluvíme o tepelné emisi nebo vnějším dopadem elektronů, mluvíme o sekundárních emisích. K uvolnění elektronů z Fermiho hladiny je třeba vynaložit výstupní práci. Ta je ale nestabilní a závisí na elektrických podmínkách a teplotě.[14]

Významnou vlastností povrchu tělesa u kovů a slitin je pohltivost, odrazivost a prostupnost. Nejvýznamnější z těchto tří vlastností je bezesporu pohltivost díky solární energii a technologii zpracování laserem. Kdy se díky pohltivosti mění sluneční energie v energii tepelnou. [14]

Chemické vlastnosti:

Pod chemickými vlastnostmi rozumíme změny chemického složení nebo oxidačních stavů prvků na mezifázovém rozhraní. V případě povrchu pevných látek jde především o rozhraní s kapalinami a plyny. [14]

Iontová vodivost elektrolytu se od elektronové vodivosti kovů liší tím, že nositelem elektrického náboje v elektrolytu jsou dva druhy iontů. Zatím co v kovech určují elektrickou vodivost elektrony. Ionty se ve vodním roztoku váží na molekuly vody, tuto reakci nazýváme hydratace a je důsledkem dipólového uspořádání molekul vody. Při ponoření do vody poté vzniká těsně u těsné blízkosti u povrchu kovu v elektrolytu určitý potenciálový rozdíl (tzv. elektronová dvojvrstva) který řídí další reakci a pokládáme tyto reakce za chemické procesy. [14]

Rozpouštění kovu může probíhat v aktivním nebo pasivním stavu – děje popisují polarizační křivky, které vyjadřují závislost anodové proudu na potenciálu. Proudová hustota je vyjádřena rychlostí všech současně probíhajících reakcí.

- Aktivní stav: probíhá u většiny kovových povrchů, které nejsou pokryty žádným filmem. U polykrystalických kovů jsou děje a změny povrchu ovlivněny strukturou povrchových vrstev a orientací zrn.
- Pasivní stav: na polarizační křivce je charakterizován vznikem nepropustných sloučenin. Z praktického hlediska představuje část s velmi malou korozní rychlostí. Vznikající filtry mají nejlepší ochranné vlastnosti, pokud potlačují transport

kationtů do roztoku a aniontů do roztoku k povrchu kovu. Pasivní stav je nejlepší pokud má vlastnosti bipolární membrány. [14]

Geometrické a mechanické vlastnosti:

Z hlediska funkce součásti jsou v mnoha případech geometrické vlastnosti povrchu rozhodující (optika, apod.) nebo velmi důležité (tření, apod.). Jestliže ani povrch monokrystalů s úplnými atomovými rovinami nelze pokládat za dokonale rovinný, tím větší rozdíly jsou u polykrystalického materiálu, kde se navíc vytvářejí vrstvy odlišných vlastností, struktur, případně složení. [14]

Odchytky od ideální rovinnosti mohou vznikat při přípravě povrchu nebo výrobě součásti, ale také jako důsledek změn vyvolaných vnějšími silami nebo prostředím. Při třiskovém obrábění vznikají na povrchu charakteristické nerovnosti, které jsou způsobeny pohybem nástroje a obrobku. Tyto nerovnosti jsou obvykle na výkresech předepsány jako drsnost povrchu. [14]

Funkční vlastnosti povrchu jsou také zásadně ovlivněny i mechanickými vlastnostmi. Ve skutečnosti se nejedná o povrch, ale o povrchové vrstvy určité tloušťky. Nejznámější mechanickou povrchovou vlastností je měření tvrdosti. Podle tvaru indentoru, velikosti zatížení a typu materiálu určujeme její hodnotu. Hodnota mikrotvrdosti zahrnuje v sobě informace o elastickém i plastickém chování materiálu. S mechanickými vlastnostmi také souvisí i pnutí v povrchových vrstvách jako důsledek technologických podmínek zpracování, tepelného zpracování, obrábění nebo svařování. [14]

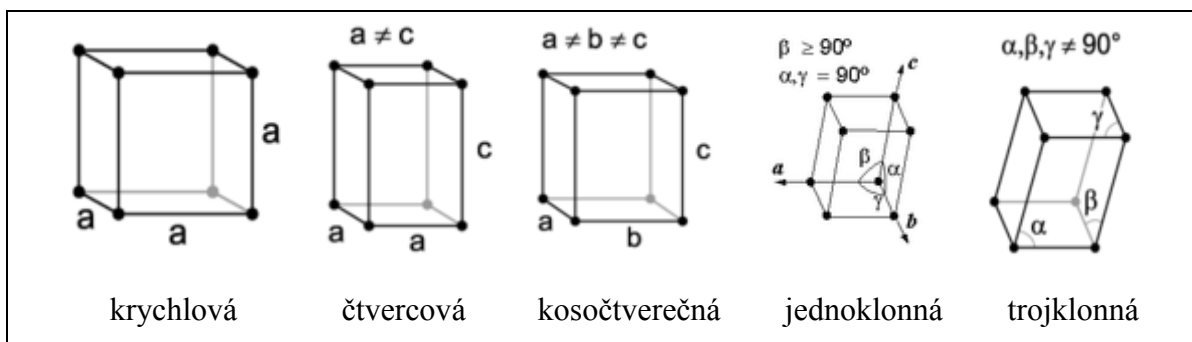
3.2 Základy krystalografie

Všechny kovy a slitiny v tuhém stavu jsou krystalické kromě rtuti. To znamená, že jsou složeny z krystalů, které vytvářejí jeho strukturu. Velikost a tvar krystalů jsou různé a mají vliv na vlastnosti kovů a slitin. Strukturu kovů a slitin, a tím i jejich vlastnosti lze měnit ohřátím na vhodnou teplotu a různě rychlým ochlazením. Změny struktury lze dosáhnout též změnou chemického složení, popřípadě i mechanickým zpracováním. Kromě krystalických látek jsou ještě amorfní, které mají rozložení atomů zcela náhodné. [3], [9]

3.2.1 Krystalová mřížka

Vnitřní síly třídí atomy a molekuly ve zcela přesném pořadí, takže postupně vzniká krystalický útvar. Každý krystal má vnitřní pravidelné uspořádání atomů nebo molekul a tato vnitřní pravidelnost se projevuje i pravidelností vnějšího tvaru. Uspořádání atomů je dáno prostorovou krystalovou mřížkou. Jednotlivé body jsou uloženy v uzlových bodech mřížky. Nejmenší část této mřížky, na které je možno prokázat danou zákonitost stavby celé mřížky, označujeme jako elementární buňka. Prostorová mřížka je tvořena seskupením nesmírného množství těchto elementárních buněk. [9]

Podle tvaru elementárních buněk rozeznáváme několik krystalografických soustav. Jsou to např. soustavu krychlovou, čtvercovou, kosočtverečnou, jednoklonnou nebo trojklonná. (Obr. 10) Technicky důležité kovy krystalizují nejčastěji v soustavě krychlové (kubické) nebo šesterečné (hexagonální). [9]



Obr. 10. Soustavy uspořádání krystalové mřížky.

3.2.2 Poruch krystalové mřížky

Nepravidelnostem, které vzniknou v krystalové mřížce, říkáme mřížkové poruchy. Mluvíme o nich obecně tehdy pokud, nejsou-li všechny uzlové body mřížky obsazeny částicemi, které na tato místa v ideálním krystalu patří.

Dle geometrického tvaru lze dělit poruchy: bodové, čárové, plošné, prostorové.

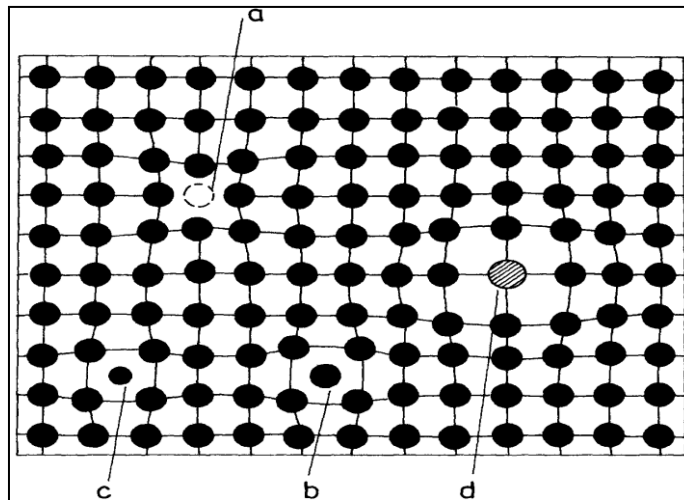
Bodové poruchy:

Vakance (neobsazený uzel- chybí atom) není vázaný na jedno místo, ale může se (např. vlivem teploty) pohybovat krystalem – migrace vakancí. (Obr. 11 a) [10]

Intersticiální atom - atom je uložen mimo vlastní polohu (i cizí atom) - byla dodána dostatečná energie na vytržení částice z uzlového bodu a umístěna do intersticiální polohy. Původní uzel zůstal neobsazen a současně vznikla vakance. (Obr. 11 b) [10]

Schottkyho porucha – v iontovém krystalu jde o chybějící dvojici kationu a sousedního aniontu (atom z vnitřní polohy na povrch) (Obr. 11 c) [10]

Substituční atom – atom dané látky je nahrazen cizím atomem (příměsových prvků umístěné v uzlovém bodě mřížky, kde nahrazují základní mřížkový atom) Frenkelova porucha – komplex vakance a intersticiální částice v sousední poloze (Obr. 11 d) [10]

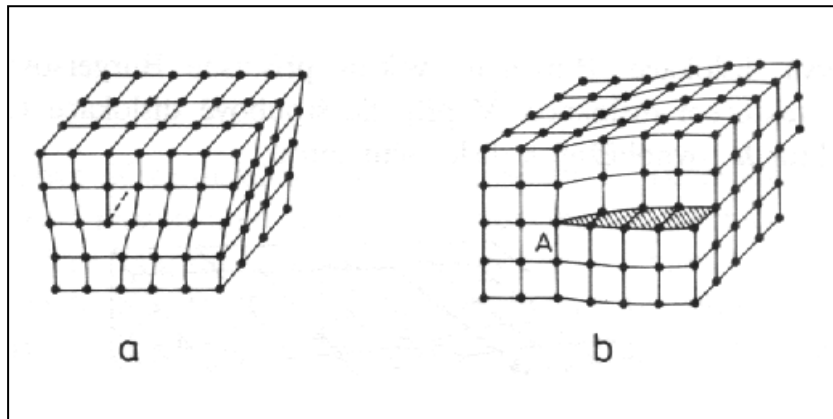


Obr 11. Bodové poruchy.

Čárové poruchy:

Hranová dislokace - vznik si můžeme představit tak, že krystal byl rozříznut podél roviny procházející shora dolů a do vzniklého řezu byla vložena polorovina. Podobnou situaci bychom obdrželi, kdybychom v dolní části krystalu jednu atomovou polorovinu odstranili. Okraj vložené poloroviny je čárová porucha. (Obr. 12 a) [11]

Šroubová dislokace - vznik je možno si představit tak, že krystal rozřízneme a jednu část krystalu posuneme podle roviny řezu. Jestli je šroubová dislokace ve směru hodinových ručiček, označujeme ji pravotočivou a opak levotočivou. Maximální porušení je podél přímky procházející bodem A, kolem dislokační čáry. (Obr. 12 b) [10], [11]



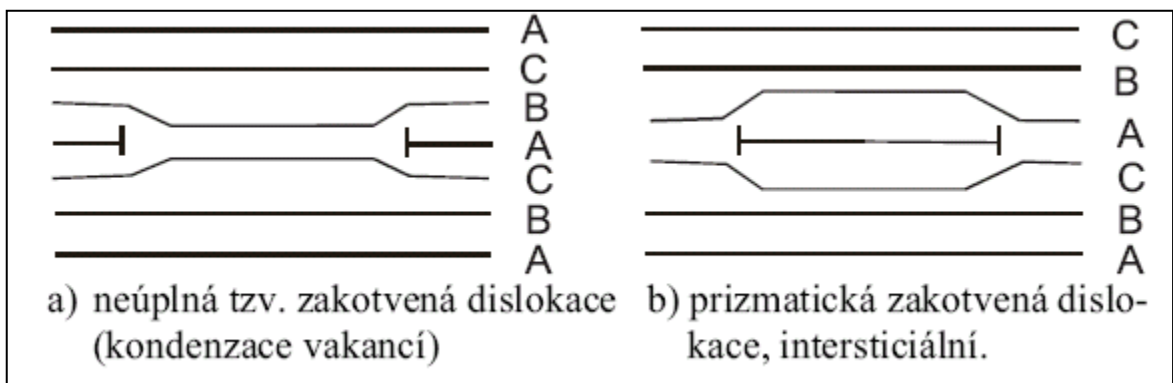
Obr. 12. Čárové poruchy a) hranová dislokace b) šroubová dislokace

Plošné poruchy:

V porovnání s předešlými poruchami představují plošné poruchy složitější porušení krystalové mřížky, které zasahuje větší objem kovu

Vrstvené chyby – krystal kovu je složen z jednotlivých atomových rovin, které se na sebe vrství v určitém pořadí a jsou na sebe vázány vazebnými silami. Vrstvenou chybou rozumíme poruchu, kdy je tato pravidelnost v uspořádání jednotlivých atomových rovin porušena. (Obr. 13) Vznikají: - skluzem některé roviny

- vyjmutím jedné roviny
- oddálením horní části krystalu a vložení další vrstvy [10]



Obr. 13. Plošná porucha vrstvením chyb.

Hranice podzrn (bloků) – objevuje se u masivních monokrystalů, které jsou složeny z bloků (subzrn) s nepatrně odlišnou orientací krystalové mřížky. [12]

Hranice zrn – je to pásmo šířky několika atomových průměrů, v němž poloha aspoň některých atomů neodpovídá uzlům ani jednoho ze sousedních zrn. Nazývá se také hranice s velkým úhlem. [12]

3.3 Porušování povrchů

Konstrukční materiály jsou při použití namáhány nejen mechanicky, ale jsou často vystaveny i vlivům agresivního prostředí, vysokým teplotám i vzájemné interakci. V nepříznivých případech dochází k jejich porušování a je snižována jejich použitelnost, životnost a tím i spolehlivost. Nejčastější porušování povrchu materiálu vzniká v důsledku koroze, opotřebení a porušením povlaku. [14]

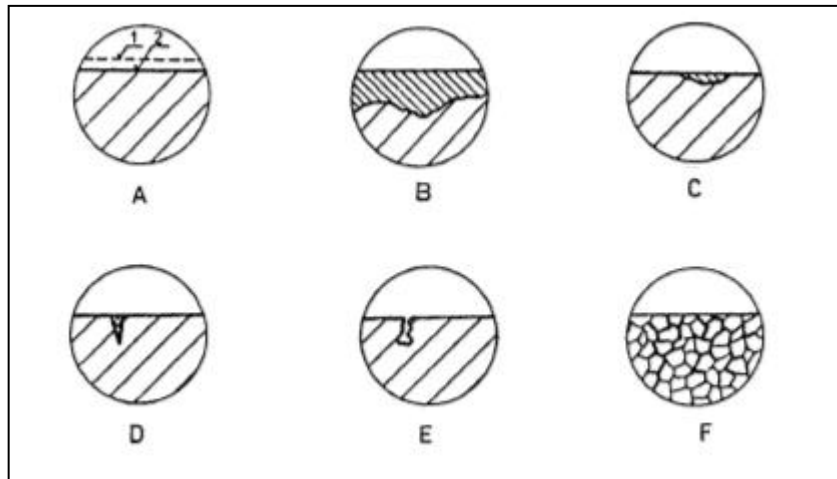
3.3.1 Koroze

Koroze je samovolné, postupné rozrušení kovů či nekovových organických i anorganických materiálů vlivem chemické nebo elektrochemické reakce s okolním prostředím. Může probíhat v atmosféře nebo jiných plynech, ve vodě a jiných kapalinách, zeminách a různých chemických látkách, které jsou s materiálem ve styku. Toto rozrušování se může projevovat rozdílně; od změny vzhledu až po úplný rozpad celistvosti. Dopad koroze na funkčnost materiálu může mít takový, že se nám zvýší tření, zvyšuje se nám křehkost a vede taky ke snížení primárních užitných vlastností materiálu. [13]

Typy koroze:

K rozlišení případů koroze, lišících se rozsahem i místy korozního napadení, slouží zvláštní označení. Různé formy korozního napadení závisí na materiálu, na korozním prostředí a na podmínkách, kterým je materiál v korozním prostředí vystaven základními typy koroze jsou: [14], [15]

- Rovnoměrná koroze (Obr. 14A)
- Nerovnoměrná koroze (Obr. 14B)
- Důlková a skvrnitá koroze (Obr. 14C,D)
- Štěrbinová koroze (Obr. 14E)
- Mezikrystalová koroze (Obr. 14F)



Obr. 14. Základní druhy korozního napadení.

Podle charakteru se koroze dělí na chemickou a elektrochemickou. Kdy chemická koroze probíhá v prostředí elektricky nevodivých a elektrochemická zase v elektricky vodivých prostředích. [14]

Z hlediska korozního prostředí členíme korozní napadení a děje na korozi atmosférickou, v kapalinách (vodách), v plynech a v půdách. Kdy nejrozšířenějším typem je atmosférická koroze cca 60% ztrát. [14]

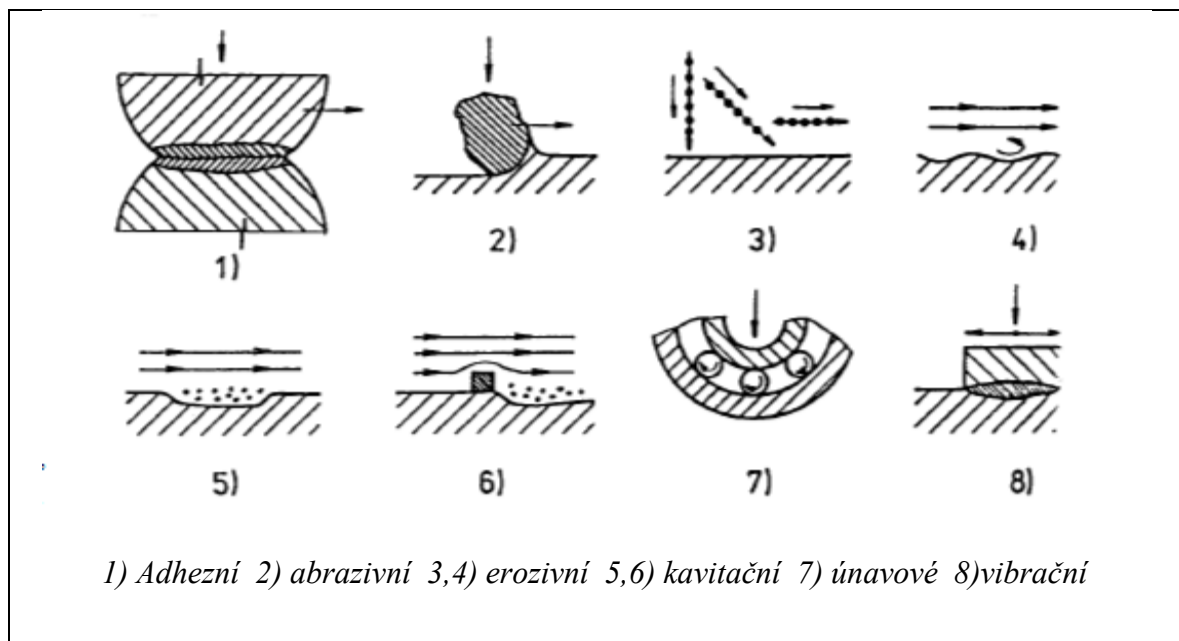
3.3.2 Opotřebení

Životnost a spolehlivost strojních součástí je značně ovlivněna opotřebením, které se významně podílí na ztrátách energie a materiálu a má vliv na náklady spojené s údržbou, opravami a renovacemi strojních součástí. Opotřebení, ke kterému dochází při vzájemném styku a relativním pohybu tělesa je i v nejjednodušších případech velmi složitý děj, který je významně ovlivněn řadou faktorů. Obecně opotřebení se projevuje odstraňování nebo přemísťováním částic hmoty z povrchu materiálu mechanickým účinkem. Namáhání při opotřebením se obecně projevuje:

- Mikroplastickou deformací vyvolanou zatlačováním tvrdých částic do měkčího povrchu druhého členu.
- Únavou povrchových vrstev při opakovaném rázovém zatížení.
- Vznikem oxidů, který je podporován mikroplastickou deformací a zvýšením teploty v místě dotyku materiálů.
- Změnou struktury.
- Aktivací povrchových vrstev materiálu. [14]

Významným faktorem vzájemného chování dvou pohybujících se těles je tření. Z hlediska makromolekul je tření chápáno jako odpor proti pohybu vznikající mezi dvěma tělesy. Toto tření je označováno jako vnější tření a dělí se na kluzné (smykové, vlečné) a valivé. V praxi jsou často oddělovány obě tělesa vrstvou maziva a pak mluvíme o tření s mazivem. Za mazivo můžeme považovat i povlak kovu na jednom z těles třecí dvojice. Tření může být ještě suché a kapalné tření. [14]

Podle vnějších změn a podmínek vzniku opotřebení rozdělujeme na adhezní, abrazivní, erozivní, erozní, kavitační, únavové a vibrační (Obr. 115) [14]



Obr. 15. Schéma poškození materiálu opotřebením.

3.3.3 Porušování povlaků

Pro zvýšení užitných vlastností výrobku se na povrchu součástí záměrně vytváří povlaky. Povlak spolu se základním materiálem může být namáhán vnějšími mechanickými silami, pnutím, teplotními změnami a okolním opotřebením a ke změně funkce povlaku může dojít vznikem trhlin, odlupováním povlaku nebo jeho částí. Proto vedle povlaku je nutno posuzovat změny, k nimž během funkce součástí může dojít jak v základním materiálu, tak i v povlaku a hodnotit je v širší souvislosti a návaznosti. Odolnosti povlaku proti porušení je určována především jeho typem a složením, rozhodující mohou být i ostatní charakteristiky, zejména tloušťka, struktura, velikost pnutí, jakost spojení se základním materiálem a způsob namáhání součástí povlaku. Porušování povlaku vychází pro obecná tělesa, specifické podmínky pro jejich porušování však brání zobecnění zásad. [14]

4 MOŽNOST OCHRANY POVRCHŮ

Aplikacemi poznatků o mechanismech a kinetice poškozování povrchů lze vhodným způsobem zabránit jednotným formám poškozování povrchů nebo je omezit na přijatelnou mez. Vzhledem k různým podmínkám, kterými jsou konstrukční materiály vystaveny, nelze použít jednotného, univerzálního systému ochrany a je nutno volit případ od případu podle charakteru kovu a podmínek jeho namáhání nejúčelnější způsob ochrany. Při návrhu je velmi důležité vzájemné sladění a kombinace jednotlivých způsobů provádění ochrany při současném zvážení hlediska ekonomické efektivity a ekologického působení. [14]

Požadované ochrany lze dosáhnout dvojím způsobem a to uspořádáním soustavy, kdy se použijí stabilnější konstrukční materiály nebo povlaky s menším degradačním účinkem vůči prostředí. Druhý způsob je ovlivnění rychlosti průběhu reakcí použitím materiálů a povlaků s pomalejším průběhem reakcí v daném prostředí. Požadované úrovně ochrany lze dosáhnout těmito hlavními způsoby: úpravou prostředí, volbou vhodného materiálu a volbou úpravy, vhodným konstrukčním řešením a optimální technologií výroby, elektrochemickými a dočasnými ochranami. [14]

4.1 Úprava prostředí

Uskutečnitelnost i rychlost porušování povrchu závisí na vlastnostech prostředí. Je-li známo, kteří činitelé významně ovlivňují příslušné prostředí a pokud to dovolují technické aplikace, je možno dosáhnout účinné ochrany záměrnou úpravou, změnou prostředí. Úpravy lze provést dvěma způsoby: odstraněním činitelů, které zvyšují stupeň agresivity prostředí nebo ovlivněním vlastností prostředí látkami zabraňujícími, zpomalujícími porušování. [14]

4.2 Volba vhodného materiálu a povrchových úprav

Různé materiály za různých podmínek korodují nebo se opotřebovávají různou rychlostí. Využitím specifických vlastností materiálu zvyšujeme ochranu a tím i životnost povrchu. Prvním předpokladem pro správnou volbu materiálů a povrchových úprav je dobrá znalost jejich chování za různých podmínek a různých prostředích. Požadavky na stupeň odolnosti kovů a povrchových ochrany se řídí těmito hledisky:

- Součást musí mít z důvodu funkčních nebo vzhledových trvale kovový stav povrchu bez viditelných poškození po celou životnost.

- Součást musí být chráněna proti poškození povrchu, ochrana zajišťuje zachování základních konstrukčních vlastností, přičemž určitý stupeň degradace není funkčně ani vzhledově na závadu. [14]

Existuje řada metod vhodných úprav povrchu zamezující nebo omezující nepříznivým účinkům opotřebení. Podle vztahu provedených úprav k základnímu materiálu můžeme rozlišovat několik typů:

- Vrstvy vzniklé přímým zpracováním povrchu základního kovu (např. povrchové kalení, otryskávání).
- Vrstvy vzniklé legováním (sycení) povrchu dalšími prvky (např. cementování, difúzní chromování).
- Vrstvy nebo povlaky jiného chemického složení (např. nástřik, galvanické chromování). [14]

Z hlediska protikorozních ochran spočívá povrchové úpravy na různých mechanismech působení ochranných povlaků a vrstev:

- Povlak nebo vrstva poskytuje podkladovému kovu katodickou ochranu (např. zinkové povlaky na oceli).
- Vrstva slitiny vytvořená obohacením povrchu kovu legujícím prvkem má v souladu s principem antikorozičního legování lepší odolnost (např. difúzní chromování, hliníkování).
- Povlak izoluje chráněný povrch od korozního prostředí (např. povlaky z nátěrových hmot a plastů).
- Vrstvy uměle vytvořených sloučenin chráněného kovu s lepšími ochrannými vlastnostmi (např. oxidické na hliníku).
- Vrstva látek má na chráněný kov inhibiční účinek (např. inhibované nátěry)

Volba vhodného konstrukčního materiálu je tedy těmito vlivy:

- Maximální teplotou, při které je materiál využíván.
- Složením prostředí a koncentrací jednotlivých agresivních látek.
- Mechanickým působením prostředí.
- Druhem spojování vodivých odolných materiálů.
- Pnutím uvnitř materiálů.
- Namáháním, chvěním, nárazy apod. [14]

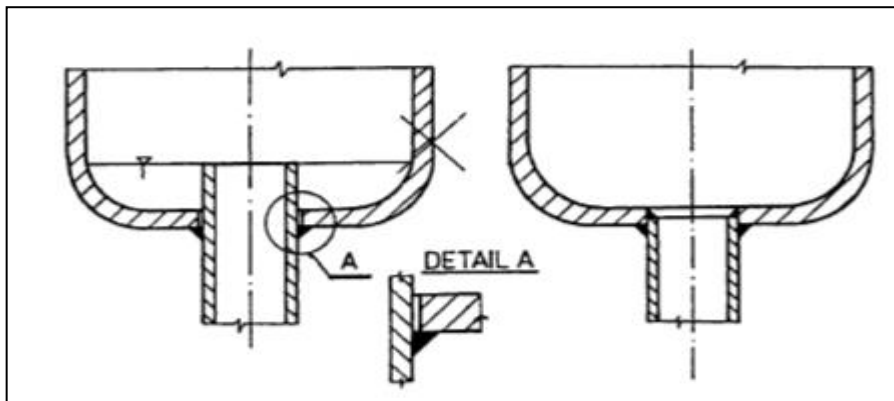
4.3 Konstrukční řešení a technologie výroby

Součástí každého projektu a konstrukce má být úplné vyřešení ochrany proti korozi a opotřebení, přičemž samotné konstrukční řešení má zaručit minimalizaci uvedeného namáhání. Optimální konstrukční řešení je podmíněno respektováním všech poznatků a pravidel platných pro tyto ochrany. K základním pravidlům, které by měly být vždy respektovány v konstrukční praxi, patří tyto zásady:

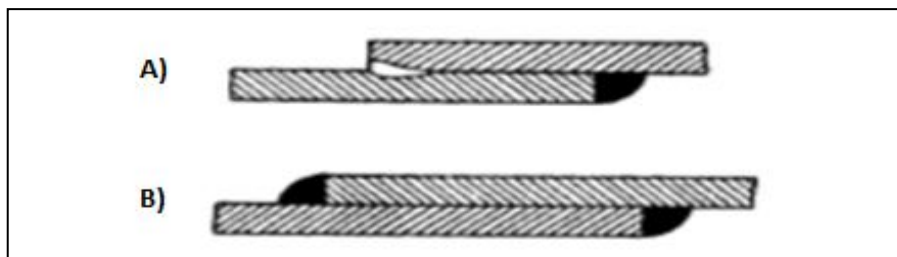
- Zkrácení doby styku povrchu s prostředím.
- Zrovnoměnění podmínek.
- Přizpůsobení konstrukce povrchovým úpravám. [14]

Zkrácení styku povrchu s prostředím:

Zkrácení doby styku povrchu s agresivním prostředím má velký význam na jeho poškození. Je proto třeba konstrukčně řešit předměty tak, aby se agresivní prostředí nikde nezdržovalo déle než je nezbytně nutné. Je důležité vyloučit všechny styky stěn s ostrými úhly, uzavřené prostory a kouty, kde by docházelo k zadržování kapaliny a usazování kalů či koncentrátů. (Obr. 16, 17) [14]



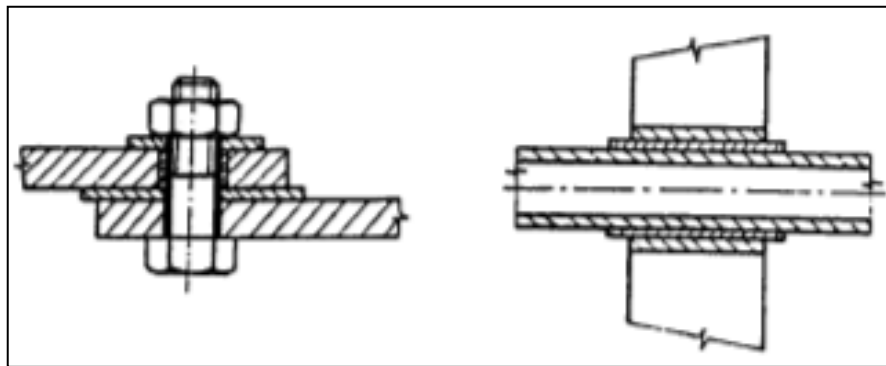
Obr. 16. Rozdílné umístění odtokového potrubí z hlediska korozního namáhání



Obr. 17. Vznik štěrbin: a) špatně b) dobře

Zrovnoměnění podmínek:

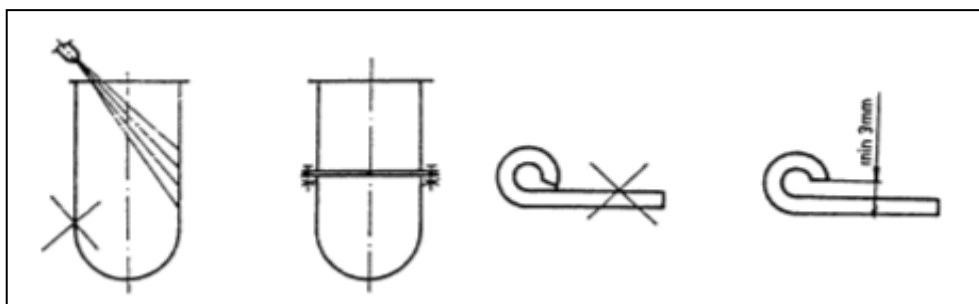
Zrovnoměnění podmínek podél celého povrchu předmětu směřuje k tomu, aby nedošlo neúměrným zvýšením účinku některého korozního činitele k urychlení korozní reakce. V důsledku nestejných korozních podmínek či různého složení prostředí a materiálu v různých místech může dojít v elektrolytech ke vzniku korozních makročlánků, které mohou vznikat mezi elektricky vodivými materiály. Klasické makročlánky vznikají spojením dvou elektricky vodivých materiálů. Je proto třeba se vyvarovat spojením kovů s různým elektrochemickým (korozním) potenciálem nebo je oddělit vhodným izolátorem nebo úpravou. (Obr. 18) [14]



Obr. 18. Příklad zamezení vzniku makročlánků.

Přizpůsobení konstrukce povrchovým úpravám:

Konstrukční řešení musí umožňovat provedení, resp. i obnovu předpokládaných povrchových úprav. Při navrhování je nutno počítat s možností ovlivnění základního materiálu technologickým procesem při provádění technologických úprav. Tvar navrhovaných těles má být takový, aby plocha povrchu vystaveného koroznímu prostředí byla co nejmenší. Z hlediska technologičnosti jsou vhodné hladké a přístupné plochy, je třeba se vyvarovat ostrým hranám, na kterých se udrží minimální vrstva povlaku. (Obr. 19) [14]



Obr. 19. Konstrukční řešení z hlediska možnosti vytvoření povrch. úpravy.

5 PŘEDÚPRAVA POVRCHU

Vhodnou přípravou povrchu zajišťujeme dostatečnou přilnavost konečných povlaků, stejnoměrný vzhled výsledné úpravy i její dobrou odolnost proti korozi nebo opotřebení. Úprava povrchu je obvykle dvoustupňová a rozděluje se na dvě základní skupiny pracovních operací:

- Mechanické úpravy povrchu.
- Chemické úpravy povrchu.

Takto se postupně plní dva základní požadavky na předběžné úpravy kovů a to příprava určité požadované mikrostruktury resp. mikrogeometrie a kvality povrchu nebo zajištění požadovaní čistoty povrchu. [14]

Mechanické úpravy povrchu:

Předběžnými mechanickými úpravami nedodáváme předmětu finální tvar a rozměry jako je tomu u třískového obrábění. Při mechanickém obrábění se odstraňují nerovnosti na povrchu materiálu a tím se vytváříme určitou požadovanou jakost a kvalitu povrchu materiálu. Účelem mechanických úprav je především:

- Očistit povrch od nečistot.
- Zajištění podmínky pro vyhovující přilnavost následujících vrstev.
- Vytvoření vrstev pro zvýšení odolnosti proti korozi a opotřebení.
- Vytvořit odpovídající vzhledovým požadavkům.
- Zlepšit mechanické vlastnosti povrchu [14]

Nejrozšířenějšími způsoby mechanických úprav povrchu jsou broušení, leštění a kartáčování. Tyto technologie se používají jako úpravy před vytvářením povlaků nebo jako konečné úpravy. Pokud bychom tyto nejrozšířenější mechanické chtěli seřadit podle kvality výsledného povrchu tak by jako nejlepší povrch vznikl po leštění. Leštění je, ale velmi nákladné a proto se volí jen tam, kde máme maximální nároky na jakost povrchu. Leštění probíhá většinou po broušení. Broušení je podle kvality povrchu za leštěním. Při broušení také záleží na použití hrubosti brusiva. Hlavním účelem broušení je postupné odebírání materiálu a tím i nerovností. Nejhorší povrch z těchto tří nejrozšířenějších způsobů je kartáčování, které se používá především na dva druhy úprav. Zprv se používá k odstranění hrubých nečistot jako je např. rez, staré nátěry atd. Ve druhém případě se používá měkkých a pružných kartáčů z přírodních a měkkých vláken, na nichž dobře

lpějí brusné pasty. Elasticita nástroje se s výhodou používá především u členitých výrobků. [14]

Dalšími mechanizmy, kterými se provádí mechanická úprava povrchu, nejsou tak používány jako broušení, leštění a kartáčování. Jsou to, ale procesy které se také používají a je to: omílání, otryskávání, válečkování, superfinišování, honování ad. [14], [16]

Chemické úpravy povrchu:

Chemické resp. elektrochemické úpravy povrchu mají především význam v odstraňování nečistot z povrchu materiálu před úpravami následujících. K těmto úpravám patří technologie odmašťování, moření, odrezování a leštění. Nečistoty, které mohou zůstat na povrchu materiálu během výrobního procesu, dělíme do dvou skupin:

- Ulpělé nečistoty jsou k povrchu vázány pouze adhezními silami. Patří sem všechny druhy mastných látek a nerozpustné anorganické nečistoty. Protože sem patří především mastné látky, označujeme proces, kterým jsou odstraňovány, jako odmašťování.
- Vlastní nečistoty jsou vázány ke kovu chemisorpcí a jsou tedy s kovem spojeny určitou chemickou vazbou. Jedná se o tzv. korozní zplodiny, jako jsou okuje, rez apod. Proces jejich chemického ev. Elektrochemického odstraňování se nazývá moření. [14]

Odmašťování je souhrnný název pro odstraňování úpěných nečistot z povrchu. Nečistoty na povrchu jsou vázány buď fyzikální adsorpcí (látky tukového charakteru) nebo adhezními silami (anorganické nečistoty, prach apod.) Úkolem odmašťovacích prostředků je oddělit nečistoty od povrchu materiálu a zabránění jejich zpětnému navázání na povrch materiálu. Odmašťovací operace se dají dělit podle druhu probíhajících pochodů a použitých prostředků nebo podle způsobu aplikace ev. styku s rozpouštědly. Do základních odmašťovacích procesů patří: odmašťování v organických rozpouštědlech, ve vodných alkalických prostředcích, emulzní odmašťování ad. [14]

Moření nazýváme odstraňování okují i povlaku oxidů z povrchu kovu chemickým nebo elektrochemickým způsobem. Nejpoužívanější kyselinou na moření je kyselina sírová (80%), pak následuje kyselina solná, která se ovšem musí při moření zahřívát. Na moření se ještě často používá kyselina fosforečná, ale její účinky nejsou tak rychlé jako u kyseliny sírové a solné. Pokud by bylo moření poslední povrchovou úpravou tak se doporučuje

moření v kyselině fosforečné, která zanechává na povrchu lehce fosfátovanou vrstvu, která povrch materiálu před vznikem rzi, ale pokud by měl být povrch ošetřen například galvanickým pokovením tak je to spíše na závadu. [14], [17]

6 ANORGANICKÉ NEKOVOVÉ POVLAKY A VRSTVY

Ochranná funkce nekovových anorganických povlaků a vrstev vychází z charakteru materiálu a způsobu jejich vytváření, přičemž chrání především bariérovým způsobem (např. smalt), případně změnou korozní odolnosti (např. pasivací, oxidací) materiálu i dalšími způsoby (např. katodicky u materiálu anorganických s obsahem zinku). Vazby mezi kovem a nekovovým materiálem jsou závislé od způsobu jejich vytváření a jsou mechanické, fyzikální a chemické. [14]

Konverzní vrstvy:

Tyto vrstvy vznikají chemickou nebo elektrochemickou reakcí kovového povrchu s prostředím, jemuž je daný kov vystaven během povrchové úpravy. Na vytvoření anorganické konverzní vrstvy se podílí jak kov, tak i prostředí, přičemž tyto vrstvy se vytvářejí směrem od povrchu do materiálu. Konverzní vrstvy se využívají k různým účelům. Mimo využití v protikorozní ochraně jsou některé vrstvy vhodné jako určitý druh mazadla při tváření nebo zabíhání, jiné se uplatňují svými elektroizolačními vlastnostmi, tvrdostí, odolností proti otěru i dekorativním účinkem. Nejčastěji se jedná o vrstvy oxidů, fosforečnanů a chromátů kovů [14].

Barvení (oxidace) kovů patří k nejstarším způsobům povrchové ochrany ocelí. Ohřevem při zvýšené teplotě získáváme tenkou vrstvou oxidů. Tímto způsobem můžeme vytvořit oxidické vrstvy různé tloušťky v závislosti na teplotě a době ohřevu (od popouštěcích barev po kovářské černění). Oxidické vrstvy na oceli mají většinou zvýšit ochranný účinek proti korozi a dodat povrchu určitý dekorační vzhled. Vzhledem k malé tloušťce těchto vrstev (500 až 800 nm) je jejich ochranný účinek malý a pro zvýšení korozní odolnosti se ještě impregnují. Vrstvy obvykle dobře chrání proti povětrnostním vlivům, odolávají potu a těžko se odírají. Nejčastěji používaným oxidačním procesem je černění oceli v alkalických lázních. Do této skupiny povrchových úprav patří i barvení neželezných kovů a oxidace hliníku (eloxování). Dále velmi málo používaná oxidace v pecích, která závisí na přesném přístupu kyslíku a dané teplotě. A také oxidace v solných lázních, kde roztavené soli jsou směsí dusičnanů a dusitanů, případně chloridů. Tloušťka vrstvy je asi 10 μm. Využívá se v oblasti zbraní a optických zařízení. [14], [17]

Fosfátování je jedním z nejrozšířenějších způsobů chemické úpravy povrchu. Je to proces, při kterém se na povrchu vytváří nerozpustné krystaly terciálního fosforečnanu zinku, železa, vápníku a manganu. Je to ekonomicky levný a jednoduchý proces. Fosfátové vrstvy

jsou odolné proti korozi (i proti mořské vodě), ale přímá ochrana samotnými fosfátovými vrstvami má význam jen ojedinělý. Mechanická pevnost vrstev je malá, vrstva je měkká a nesmí být poškozena. [14], [17]

Chromování je nejrozšířenější způsobem pasivace. Používá se v široké míře pro zvýšení korozní odolnosti oceli i neželezných kovů, tedy jako konečná úprava pro lehká korozní prostředí i jako mezivrstvy pod organické nátěry, zvyšující jejich přilnavost a zamezující pronikání korozního media pod povlak. Chromování je levnější než fosfátování. Chromovací lázně mohou být alkalického nebo kyselého typu. [14]

Keramické povlaky (smaltování):

Smalty jsou typickým představitelem nekovových anorganických povlaků. Jejich ochranná funkce spočívá ve vytvoření nerozpustné, celistvé vrstvy natavené na podkladovém kovu, která izoluje kov od působení agresivních prostředí. [14]

Smalty jsou v podstatě skla modifikovaných vlastností, které umožňují jejich přilnavost k povrchu kovů. Základní stavební jednotkou jsou smaltu, tetraedry, vyskytující se v krystalickém i amorfním stavu. Vrstvy smaltu se na povrch nanášejí ve formě suspenze poléváním, máčením nebo stříkáním. Smalty se po vysušení vypalují. Nanášejí se základní a krycí vrstva nebo jednovrstvé smalty. [14]

Žárové stříkané povlaky:

Keramické a kovokeramické povlaky mají výbornou odolnost proti žáru a často i proti kyselinám a roztaveným kovům, velkou tvrdost a malý součinitel tepelné i elektrické vodivosti. Materiály se dělí podle přizpůsobivosti ke kovovým základním materiálům a druhu chemické vazby. Složení povlaku je výrazně rozdílné od základního materiálu, aby splnilo požadované mechanické, fyzikální a chemické požadavky. Existuje snaha o odstranění skokového rozhraní mezi povlakem a materiálem použitím např. mezivrstev. Využitím plazmatických nástřiků rozšiřuje možnosti zlepšení odolnosti základních materiálů proti vysokým teplotám, korozi za běžných i vysokých teplot i tepelné únavě, opotřebením otěrem i erozí, elektrickému průrazu. [14]

7 KOVOVÉ POVKALY A VRSTVY

Pro vytváření kovových povlaků a vrstev se používá řada kovů od velmi ušlechtilých až po kovy méně ušlechtilé. Nejdůležitějším hlediskem pro hodnocení ochranné funkce kovových povlaků je tloušťka a poréznost povlaku. Životnost povlaku je přímo závislá na tloušťce, neboť se tak snižuje počet korozně významných pórů. Optimální je ten stav, kdy je povlak neporézní. Kovové povlaky vznikají z roztavených kovů a vylučované z roztoků. S ohledem na svou funkci v elektricky vodivém prostředí se kovové povlaky dělí na katodické a anodické vzhledem k základnímu kovu v daném prostředí. [14], [17]

Plátování kovy

Plátování neboli obkládání kovy se používá k vytváření tlustších ochranných povlaků (řádově 0,1 až několik milimetrů). Vhodně kombinuje mechanické vlastnosti a levnost základního kovu s požadovanými vlastnostmi dražšího materiálu vytvářených povlaků. Základní materiál má tedy funkci nosnou a plátovací pak ochrannou. Spojení vrstev s podkladovým kovem, dle použité technologie je převážně mechanické (obkládání), ale dodatečným tepelným zpracováním, ev. Procesy které probíhají za vyšších teplot, lze dosáhnout difúzního spojení povlaku a základního materiálu. Volba jednotlivých metod plátování závisí především na fyzikálních vlastnostech použitých kovů a stupně tepelného ovlivnění základního kovu. [14]

Žárové pokovování v roztavených kovech

Touto metodou lze celkem jednoduše dosáhnout velmi kvalitních povlaků s dostatečnou tloušťkou a malou pórovitostí. Vlastní pokovení je rychlé, poměrně levné a vhodné pro úpravu polotovarů, pásů, drátů. Princip žárového pokovení spočívá v tom, že předměty předem očištěné se ponořují do roztaveného ochranného povlaku. Ulpělá vrstva roztaveného materiálu po ztuhnutí je hlavní částí ochranného povlaku. Nevýhoda této technologie spočívá v tom, že je omezena na povlakové kovy s nízkou teplotou tání (Zn, Sn, Pb, Al). Podle těchto materiálů se poté nezívají jednotlivé metody žárového pokovování. Jsou to např. žárové zinkování, žárové olovnění apod. [14]

Chemicko-tepelné pokovování (difúzní)

Chemicko-tepelným zpracováním označujeme způsoby difúzního sycení povrchu různými prvky. Nasycujícími prvky mohou být kovy i nekovy. Cílem chemicko-tepelného zpracování bývá nejčastěji zvýšení tvrdosti povrchu, odolnosti proti opotřebení, korozi

a žáru. Povrchová vrstva, která se vytváří chemicko-tepelným zpracováním, se nazývá difúzní vrstva a svým chemickým složením se liší od základního materiálu. Jako aktivní prostředí se používá plynné, kapalně nebo sypké (tuhé). Při dostatečně vysoké teplotě ve styku s povrchem kovu se začne povrch kovu nasycovat daným prostředím. Tyto chemicko-tepelné procesy se nazývají podle prvku, kterým nasycujeme povrch. Jsou to třeba termodifúzní nitridace, termodifúzní hliníkování. Výjimkami jsou povrchy nasycované uhlíkem (cementace), dusíkem (nitridace). Případně sírou a jejich kombinací. [14]

Žárové stříkání kovů

Principem je nanášení natavených částic kovu proudem vzduchu (nebo spalin) na povrch předmětu. Tímto způsobem lze nanášet povlaky libovolného kovu nebo slitiny na kov nebo jiný materiál (dřevo, papír, sádra, plastické hmoty, sklo, keramiku, tkaninu apod.). Tloušťka povlaku se dá řídit od tenkých vrstev po tlusté. Z toho vyplývá i široké použití této technologie jako např. k ochraně proti korozi a vysokým teplotám, k povrchové úpravě nekovových materiálů, k renovaci strojních součástí, při opravách vadných nebo porézniých odlitků, speciální výrobu forem apod. [14].

Chemické pokovování

Podstatou tohoto procesu je vylučování ušlechtilých kovů na méně ušlechtilé kovy vlivem rozdílného potenciálu v roztoku nebo vyredukováním z kovu jeho soli příslušným činidlem. Pokovovací lázeň se nejčastěji skládá ze soli kovu, která má být vyloučena a z redukčního činidla. Výhodou je že chemicky lze vylučovat téměř všechny kovové povlaky, neomezená hloubková účinnost a pokovovat lze i velmi členité předměty. Nevýhodami je menší vylučovací doba a nutná regenerace lázně. Tyto chemické pokovování se dělí podle materiálu, které lázeň obsahuje a dle nich se také nazývá např. chemické mědění, chemické niklování apod. [14]

Elektrochemické (galvanické) pokovování

Galvanické pokovování je pokovovací proces, kdy se ionty kovu v roztoku pohybují v elektrickém poli tak, aby vytvářely povlak na elektrodě. Používá se stejnosměrný proud. Kationty daného látky se na katodě redukují z roztoku a potahují vodivý předmět tenkou vrstvou materiálu. Galvanické pokovování se užívá především pro vytvoření vrstvy s požadovanými vlastnosti (např. odolnosti vůči otěru a obrusu, proti korozi, pro kluzkost, estetické vlastnosti apod.) na povrchu, který tyto vlastnosti postrádá. Metodu lze však

použit i pro zvětšení příliš malých předmětů. Základní důležitost pro tento proces mají elektrochemické děje, a to zejména elektrolyza a pochody probíhající v galvanických člancích. Příkladem povlaků je mědění, mosazení, zinkování, kadmiování, cínování, stříbření, zlacení, niklování, chromování atd. [14], [18]

Fyzikální a fyzikálně-chemické povlakování

Je to metoda vytváření povlaků na kovovém i nekovovém povrchu materiálu z par kovů nebo sloučenin a to buď napařováním, nebo katodovým napařováním. Z hlediska vyšší produktivity procesu, vyšší adheze povlaku a získání dalších vlastností, jsou tyto metody realizovány v kombinaci s využitím speciálních chemických a fyzikálně-chemických reakcí a metod. Probíhající děje můžeme rozdělit do tří skupin:

- Odpařování a rozprašování pevného (kapalného) zdroje atomů a kondenzace neutrálních atomů (iontů) materiálu zdroje na povlak materiálu.
- Plazmatické reakce ve směsi plynů, z kterých alespoň jeden je plazmaticky aktivovaný a depozice vzniklého produktu na povlakovém materiálu.
- Přímá interakce plazmy s povrchem povlakovaného materiálu. [14]

8 ORGANICKÉ POVLAKY

Ochranný účinek organických povlaků je založen především na bariérovém způsobu. V některých případech je doplňován inhibičním působením látek v nich obsažených. [14]

Organické povlaky z nátěrových hmot

Organické nátěrové hmoty jsou nejstarším, nejběžnějším a stále nejekonomičtějším prostředkem ve všech průmyslových oborech. Tvoří asi 80 až 90 % všech povlaků. Aplikace nevyžaduje složitá a komplikovaná zařízení, nejsou omezená tvarem a velikostí výrobku, nátěry jsou poměrně dobře opravitelné. Nátěrové hmoty jsou složeny z pojiva, rozpouštědla, pigmentů a plniva. Hlavním použitím nátěrových hmot je ochranný účinek (proti povětrnosti, mořské vodě, olejuvzdorný, ohnivzdorný, antivibrační apod.), důležité jsou však i další specifické účely jako např. dekorativní, signální, maskovací, fungicidní, baktericidní, svítící, matovací, elektrovedivý a jiné. [14], [17]

Nátěrové hmoty jsou rozděleny podle číselného označení a písmene podle toho jakého je složení. Podle tohoto označení můžeme nátěrové hmoty zařadit do skupiny.

Skupinové označení nátěrové hmoty:

A - asfaltové nátěrové hmoty	B - polyesterové nátěrové hmoty
C - nitrocelulózoové nátěrové hmoty	E - práškové nátěrové hmoty
H - chlórkaučukové hmoty	K - silikonové nátěrové hmoty
O - olejové, fermežové hmoty	S - syntetické nátěrové hmoty
P - pomocné lakovací přípravky	V - nátěrové hmoty ředitelné vodou
U - polyuretanové nátěrové hmoty	

Příklad: **C**8000, **P**1023

Druh nátěrové hmoty:

1 - označuje fermeže, průhledné transparentní a bezbarvé hmoty	2 - nátěrové hmoty slabě a středně - pigmentované
3 - tónovací pasty	4 - nástřikové pasty
5 - tmely	6 - ředidla
7 - sušiva, tvrdiva	8 - pomocné přípravky používané na dokončování vzhledu nátěrového filmu

příklady: **C**6000, **S**2013 [19]

Povlaky z plastů

Povlaky z plastů se vytvářejí z řady polymerů jako např. polyvinylchloridu, polyetylenu, polyamidu, teflonu, teflexu, akrylátů a celulózy, nejen jako protikoroziní ochrana, ale i jako ochrana proti opotřebení, lepivosti atd. Vlastnosti a odolnost k různým prostředím těchto povlaků jsou dány především charakterem použitého plastu. Při volbě těchto povlaků je třeba uvažovat hlediska technologická, specifické vlastnosti užitých hmot i hledisko hospodárnosti. [14]

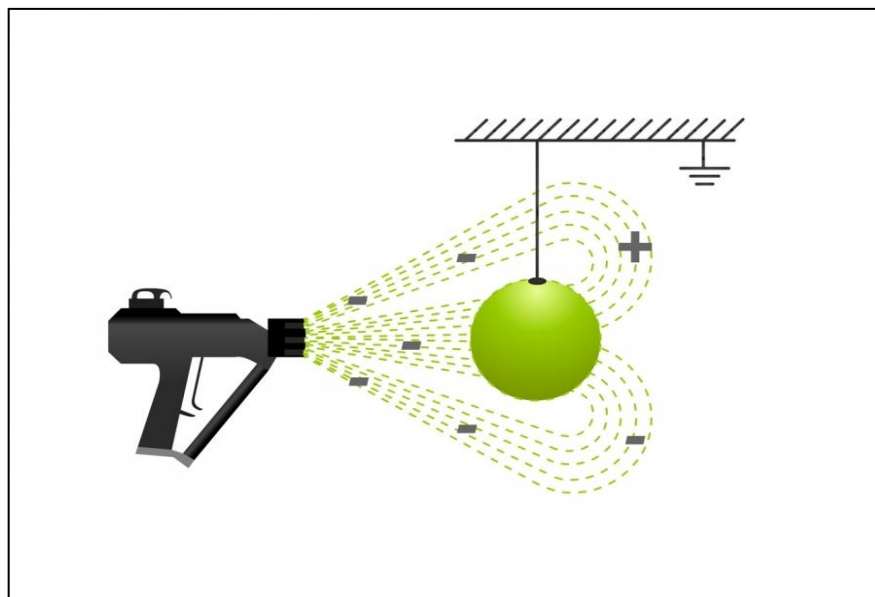
Nanášení plastů na povrch materiálu se provádí mnoha způsoby. Jsou to například žárové stříkání plastů, plátování plasty, disperzní nanášení apod. [14]

Technologie nanášení nátěrových hmot

Před vlastním nanášením hmot je důležitá úprava chráněného povrchu. Uvádí se, že až 70% poškození nátěrové hmoty je důsledkem špatného povrchu materiálu např. mastnota povrchu, zbytky starého nátěru, koroze, prach. Při návrhu ochranné vrstvy základního materiálu pomocí nátěrových hmot z organických povlaků, musíme problém posuzovat komplexně. Při volbě technologie nanášení nátěrových hmot je třeba uvažovat z hlediska:

- Předmětu (velikost, tvar, množství)
- Požadované finální vlastnosti nátěru (vzhled, tloušťka, stupeň namáhání)
- Kvality povrchu (pórovitost, stupeň čistoty, předběžná úprava)
- Vlastnosti nátěrových hmot (reologické, rychlost zasychání, slévatelnost apod.)
- Pracnosti a ekonomického použití
- Ekologického ovlivnění životního prostředí [14]

Po zvážení těchto hledisek se můžeme rozhodnout pro velké množství technologií nanášení nátěrových hmot. Jsou to např. technologie ručního nanášení nátěrových hmot, technologie vysokotlakého stříkání nátěrových hmot, technologie stříkání nátěrových hmot v elektrostatickém poli vysokého napětí (Obr. 20), technologie nanášení nátěrových hmot máčením apod. [14]



Obr. 20. Technologie stříkání nátěr. hmot v elektrostatickém poli vysokého napětí.

9 HODNOCENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV

9.1 Organizace řízení jakosti

Základním úkolem řízení jakosti je zabezpečit kvalitu zvoleného povlaku. Nedostatečná výrobní a technologické kázně v průběhu procesu, nedostatečná vstupní, mezioperační výstupní kontrola jsou mnohdy příčinami nekvalitní povrchové úpravy a následného selhání i optimálně navržené povrchové ochrany. Při řízení jakosti se zásadně uplatňuje měřicí a zkušební technologie. Umožňuje aktivní řízení jakosti při návrhu, provedení využití povrchové úpravy. [14]

Zavedení systému řízení jakosti při vytváření povrchových ochranných je podmíněno úrovní rozvoje a dostupnosti specializované měřicí, zkušební a řídicí techniky. Není to možné bez vhodných metodických prostředků (kritéria pro jednotlivé typy povlaků, měřicí, zkušební metody, normalizační opatření) a technických prostředků (přístrojová technika zahrnující měřicí přístroje, zkušební zařízení a řídicí systémy). [14]

9.2 Kritéria jakosti povlakového systému

Základní měřítkem jakosti povlaku je jeho schopnost zajistit ekonomickou životnost strojírenského výrobku. Pro formulaci koncepce řízení uvádí tyto pojmy:

- Provozně významná podmínka (PVP) – veličina, která ovlivňuje průběh dílčí operace technologického procesu (např. vlastnosti materiálu, lázeň, surovin apod.)
- Parametr jakosti (PJ) – veličina, která popisuje požadovanou vlastnost vytvořeného povlaku (vzhledového, funkčního, ochranného charakteru)
- Kriterium jakosti (KJ) – významné parametry na předepsané úrovni, které souhrnně vymezují vhodnost vytvořeného povlaku
- Třída jakosti (TJ) – určuje v několika stupních užitnou hodnotu výrobku, charakterizovanou nejčastěji životností povlaku (dobu splňující požadavky, než znehodnocení přestoupí přípustnou mez) [14]

Pro požadovanou třídu jakosti jsou odpovídající kritéria jakosti určena již při návrhu optimální povrchové úpravy a technologie jejich vytváření. Kriterium jakosti závisí na funkci výrobku, jeho ekonomické životnosti a prostředí, ve kterém je uplatněn. Řízení jakosti by mělo být zajištěno v celém průběhu procesu. [14]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

10 NÁVRH ÚPRAVY POVRCHU ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ

Návrh dekorativní úpravy povrchu vyšel z ideje barevného rozlišení nástrojů pro lepší a jednodušší rozlišitelnost jednotlivých druhů nástrojů, možnosti rozlišení použitého materiálu a lepší prodejnosti.

Barevné změna je způsobena barvami kovových oxidů, které vznikají působením tepla, které jsou viditelné i po ochlazení nástroje.

10.1 Příprava vzorku

Vzorek, který jsme použili pro zpracování zkoušky je vrták $\varnothing 10,5$ mm ČSN 22 1127- DIN 338 (Obr. 21) z rychlořezné oceli 19 830 ČSN 419 830. Jedná se o rychlořeznou ocel s vysokou tepelnou odolností. Tato ocel je velmi vhodný materiál pro tepelně chemické zpracování.

Vzorky byly očištěny bavlněnou textilií a odmaštěny v roztoku technického benzínu.

Tab. 1. Technologické údaje tepelného zpracování.

Tepelné zpracování oceli 19 830		
žhání na měkko		790 - 820 °C
žhání ke snížení pnutí		650 °C
předehřev	1. stupeň	450 - 600 °C
	2. stupeň	850 °C
	3. stupeň	1050 °C
kalení		1200 - 1240 °C
popouštění		540 - 560 °C

Tab. 2. Změny tvrdosti při popouštění oceli 19 830.

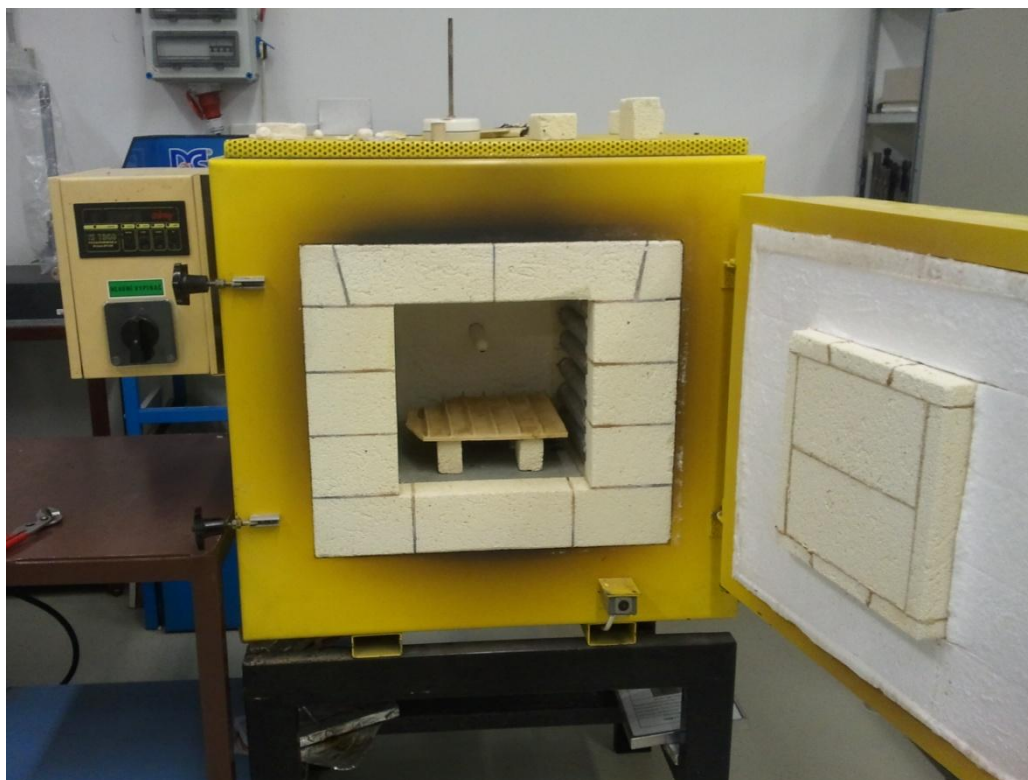
informativní změny tvrdosti při popouštění [K.t. 1220 °C/olej]							
popouštěcí teplota [°C]	500	520	540	560	580	600	620
tvrdost HRC	64	64,5	65	65	64	63	61



Obr. 21. Použitý vrták $\varnothing 10,5$ ČSN 22 1127.

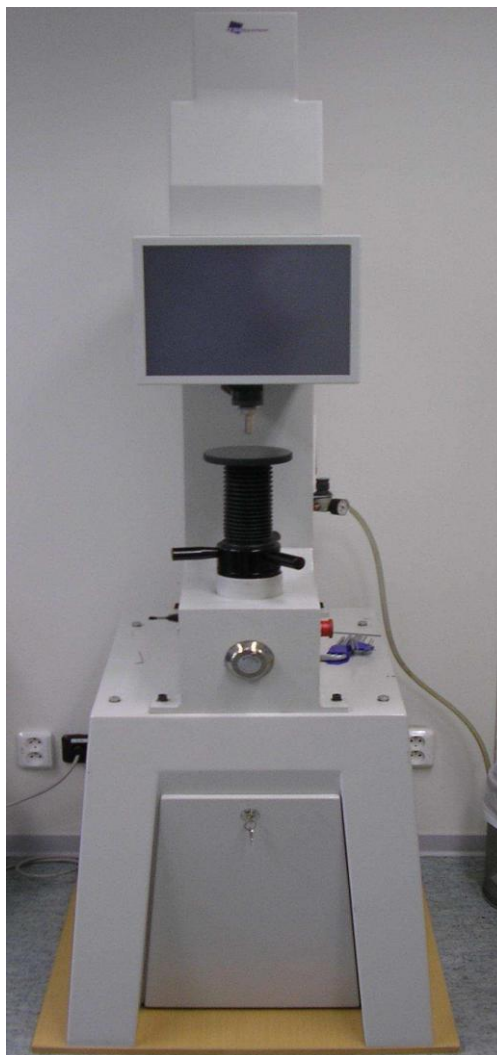
10.2 Použité přístroje a zařízení

Ke zpracování zkoušky byla použita elektrická odporová komorová pec MIWYcalor K, model V30 s programovacím regulátorem teploty TS 1300. Tato pec má měřicí rozsah teplot 0 - 1260 °C s přesností $\pm 1\%$. Přístrojem je možno realizovat 4 libovolné ohřívací a ochlazovací křivky v rozsahu maximálně 8 kroku (jeden krok max. 8 hodin). (Obr. 22)



Obr. 22. Elektrická odporová komorová pec MIWYcalor K, V30.

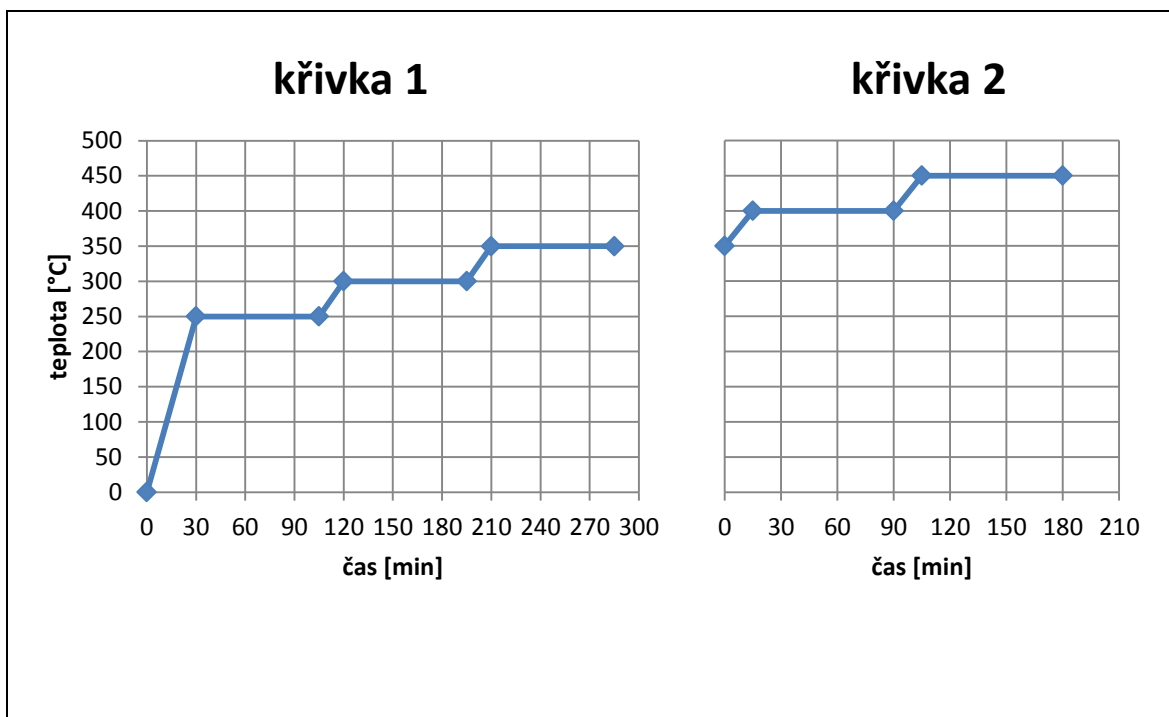
Měření tvrdosti jsou realizována na přístroji Easydur italiana (Obr. 23) podle stanovených norem a prováděli jsme zkoušku podle Rockwella (HRC). Při měření Rockwellovou metodou byl ocelový vzorek postaven na tuhou podložku tak, aby se nepohnul. Vnikající diamantové tělíčko kuželového tvaru s vrcholovým úhlem 120° a poloměrem zaoblení špičky $r = 0,2\text{mm}$ se nastavil nad zkoušenou plochu. Velikost před zatěžující síly při stupni i tvrdosti C F1 činila 98,04N, celková síla F2 pak 1471N. Při spuštění se indentor zatlačí do zkoušeného vzorku silou F1, jehož pohyb zaznamenává indikátor (menší zátěž má odstranit nepřesnosti měření v důsledku rozdílných povrchových jakostí). Jakmile uplyne normou určená doba zátěže, zvětší se působící síla na F2.



Obr. 23. *Easydur italiana*

10.3 Použitá metoda a postup zpracování

Zkoušky jsme použili metodu tepelného zpracování s max. teplotou těsně pod popouštěcí, která je u použité rychlořezné oceli 540 – 560°C. Zkušební vzorky jsme si rozdělili do 5 dvojic, které jsme vložili vždy do po jedné dvojici do pece, která byla předeřhřátá na danou teplotu. Tepelné rozmezí zkoušky bylo 250°C až 450°C a teplota pece se zvyšovala vždy o 50°C. Díky možnosti nastavit si na peci automatické zahřívání a ustálení na dané teplotě pomocí ohřívací křivky jsme si tyto křivky vytvořili. Z důvodu možnosti nastavení omezeného nastavení kroků jsme vytvořili dvě křivky. Křivka 1 je v rozmezí od 0°C do 350°C a křivka 2 je v rozmezí od 350°C do 450°C (obr. 23). Dvojici vzorků jsme vkládali do pece vždy po hodině na ustalovacím kroku a vytáhli jsme je po 15 minutách. Nahřátý vzorek jsme nechali zchladnout na vzduchu.



Obr. 24. Křivky nastavení pece pro automatické nahřívání.

11 VÝSLEDEK ZKOUŠEK

11.1 Provedení designu


Tab. 3. Vlastnosti a design po zahřátí na 250°C.

vlastnosti a design po zahřátí	
teplota zpracování	250 °C
doba zahřívání	15 min
způsob chlazení	na vzduchu
doba chlazení	Do vychladnutí
tvrdost	66,5
barva	Šedo bílá
obr. Vzorku	

Tab. 4. Vlastnosti a design po zahřátí na 300°C.

vlastnosti a designe po zahřátí	
teplota zpracování	300°C
doba zahřívání	15 min
způsob chlazení	Na vzduchu
doba chlazení	Do vychladnutí
tvrdost	66,2
barva	Světle žlutá
obr. Vzorku	

Tab. 5. Vlastnosti a designe po zahřátí na 350°C.

vlastnosti a designe po zahřátí	
teplota zpracování	350°C
doba zahřívání	15 min
způsob chlazení	Na vzduchu
doba chlazení	Do vychladnutí
tvrdost	66,6
barva	Tmavě žlutá
obr. Vzorku	



Tab. 6. Vlastnosti a designe po zahřátí na 400°C.

vlastnosti a designe po zahřátí	
teplota zpracování	400°C
doba zahřívání	15 min
způsob chlazení	Na vzduchu
doba chlazení	Do vychladnutí
tvrdost	66,9
barva	Bronzová
obr. Vzorku	

Tab. 7. Vlastnosti a designe po zahřátí na 450°C.

vlastnosti a designe po zahřátí	
teplota zpracování	450°C
doba zahřívání	15 min
způsob chlazení	Na vzduchu
doba chlazení	Do vychladnutí
tvrdost	66,9
barva	Modro-fialová
obr. Vzorku	

Tab. 8. Návrh barevného označení.

Návrh barevného označení					
Barva vzorku	Teplota TZ	Barevný název	Barva vzorku	Teplota TZ	Barevný název
	250 °C	Šedo-bílá		400 °C	Bronzová
	300 °C	Slabě žlutá		450°C	Modro-fialová
	350 °C	Tmavě žlutá			



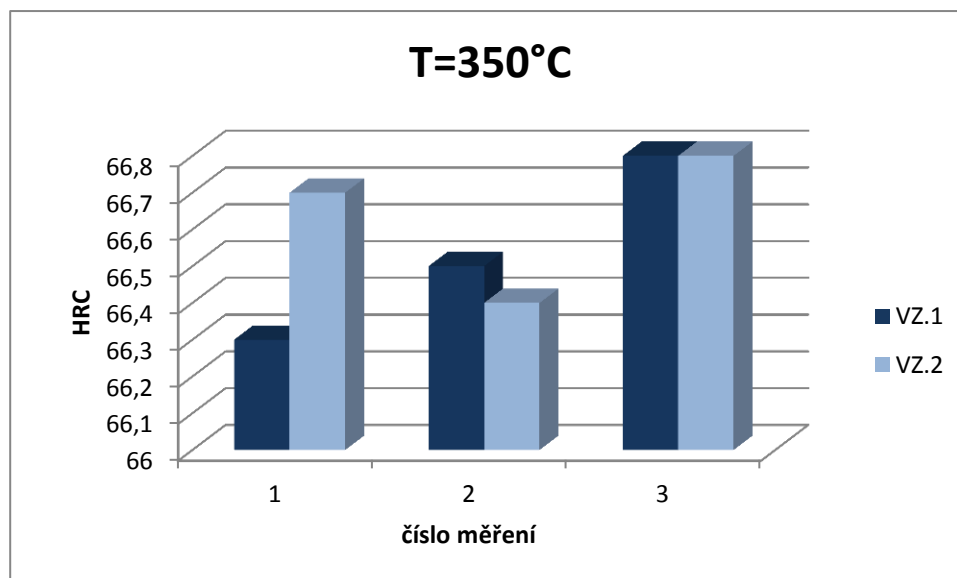
Obr. 25. Vzorky po tepelném zpracování.

11.2 Ověření ovlivnění TZ

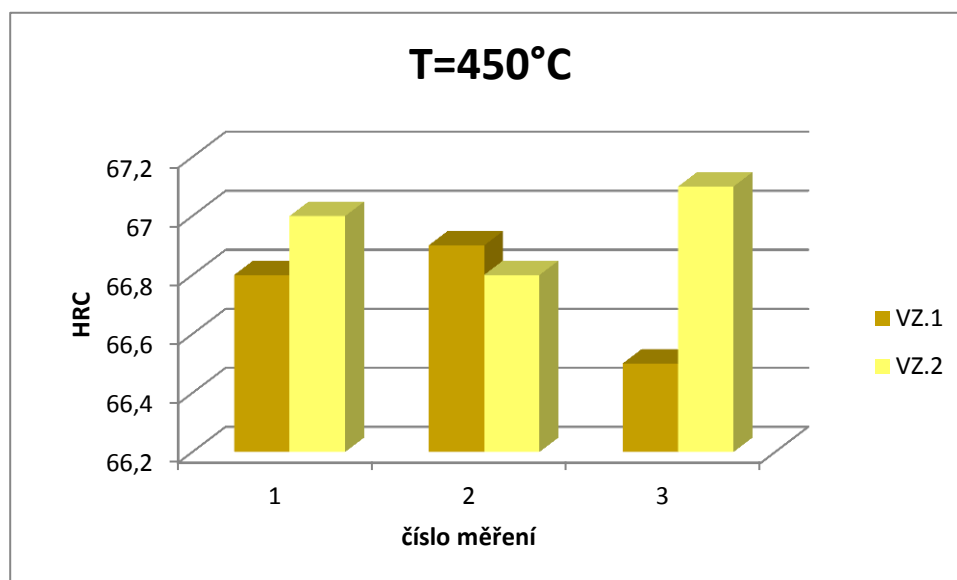
Pro ověření ovlivnění tepelným zpracováním jsme použili metodu měření tvrdosti podle Rockwella ČSN EN ISO 6508-1. (Obr. 26, 27, 28)

Tab. 9. Tvrdost zkoušeného vzorku

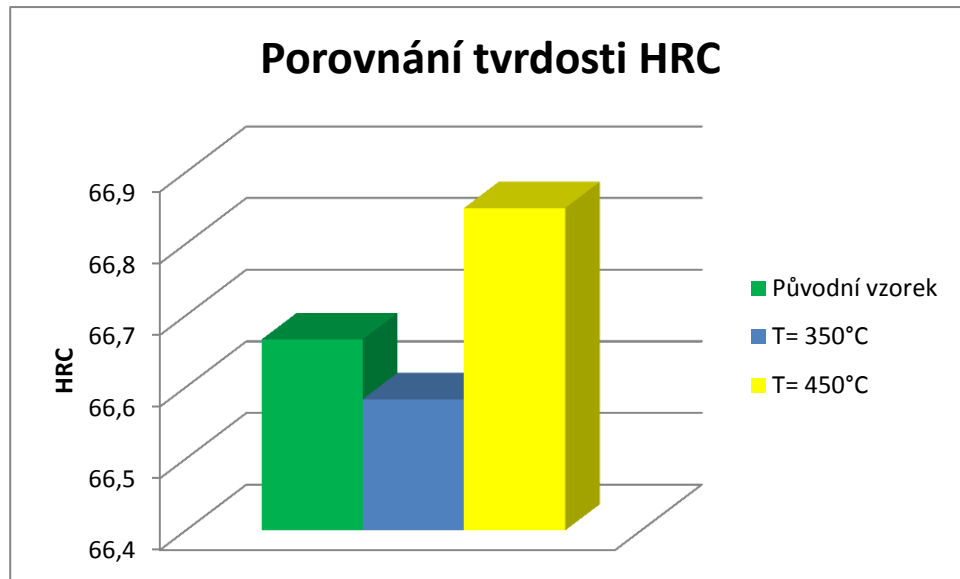
	Původní vzorek		T= 350°C		T= 450°C	
	VZ.1	VZ.2	VZ.1	VZ.2	VZ.1	VZ.2
HRC	66,6	66,9	66,3	66,7	66,8	67,0
	66,6	66,5	66,5	66,4	66,9	66,8
	66,7	66,7	66,8	66,8	66,5	67,1
HRC ϕ	66,7		66,6		66,9	



Obr. 26. Tvrđost vzorku po při TZ. 350°C.



Obr. 27. Tvrđost vzorku po při TZ. 450°C.



Obr. 28. Porovnání tvrdosti vzorků.

Na základě zkoušky tvrdosti jsme došli k závěru, že tepelné zpracování nemá žádný vliv a tvrdost materiálu. Naměřená tvrdost u základního vzorku, vzorku po TZ. 350°C (Obr. 26) a vzorku po TZ. 450°C (Obr. 27) se od sebe liší minimálně (Obr. 28). Z výsledků měření tvrdosti HRC vyplývá, že tepelné zpracování do 450°C nemá žádný vliv na vlastnost materiálu tvrdost.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo nalézt závislost mezi parametry teploty ohřevu a barevném ovlivnění povrchu nástroje. Zkoušky byly provedeny na deseti vzorcích vrtáků ČSN 22 1127 \varnothing 10,5 mm vyrobených z rychlořezné oceli ČSN 419 830.

Tepelné zpracování probíhalo v elektrické odporové komorové peci při teplotách od 250°C až do 450°C v krocích po 50°C.

V průběhu zkoušek byla dále provedena kontrola ovlivnění tepelného zpracování nástroje. Zvolil jsem kontrolu řezné části a to tvrdosti dle Rockwella. Měření tvrdosti probíhalo před a po tepelné úpravě nástroje. Každý nástroj byl měřen 3x.

Z dosažených výsledků bylo navrženo a vyplynulo:

1. byly navrženy teploty pro tepelné úpravy nástrojů z rychlořezné oceli ČSN 419 830 – tab. 8
2. byly navrženy názvy barevného rozlišení nástrojů – tab. 8
3. bylo ověřeno, že povrchová úprava při zvoleném tepelném rozhraní, má minimální vliv na tvrdost nástroje – tab. 9
4. vznik barevných odstínů byl způsoben barvami kovových oxidů, které vznikají působením tepla.

Tento způsob úpravy nástrojů lze použít i pro další druhy rychlořezných ocelí včetně použití menších teplotních rozsahů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MUSIL, J. *Historie kovů ve výuce chemie*. Brno: Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, 2008. 115 s. Vedoucí diplomové práce doc. PhDr. Josef Budiš, CSc
- [2] *homel.vsb.cz* [online]. [cit. 2013-04-02]. Dostupný z WWW:
<http://homel.vsb.cz/~khe0007/Predmety/Stavebni%20hmoty/Prednaska_kovy.pdf>
- [3] HLUCHÝ, Miroslav a Josef BENEŠ. *Strojírenská technologie: pro SPŠ nestrojnické*. vyd. 2., opr. Praha: SNTL, 1990, 248 s. ISBN 80-03-00145-5
- [4] HLUCHÝ, Miroslav a Jan KOLOUCH. *Strojírenská technologie I. 3.*, přeprac. vyd. Praha: Scientia, 2002, 266 s. ISBN 80-7183-262-6.
- [5] PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II. 2.*, opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002, 392 s. ISBN 8072042483.
- [6] *Wikipedia.org: Ocel* [online]. 2013 [cit. 2013-04-02]. Dostupný z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Ocel>>
- [7] *Wikipedia.org: Šedá litina* [online]. 2013 [cit. 2013-04-03]. Dostupný z WWW:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0ed%C3%A1_litina>
- [8] *Wikipedia.org: Tvárná litina* [online]. 2013 [cit. 2013-04-03]. Dostupný z WWW:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Tv%C3%A1rn%C3%A1_litina>
- [9] HLUCHÝ, Miroslav, Rudolf PAŇÁK a Oldřich MODRÁČEK. *Strojírenská technologie I. 3.*, přeprac. vyd. Praha: Scientia, 2002, 173 s. ISBN 80-7183-265-0.
- [10] MAŇAS, David. *Základy krystalografie*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická
- [11] *xray.cz* [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupný z WWW:
<xray.cz/kryst/str09.a.htm>
- [12] *kmt.tul.cz* [online]. [cit. 2013-04-07]. Dostupný z WWW:
<http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_bakalari/NOM1/Vnitрни%20stavba%20pevnych%20latek_podklady.ppt>
- [13] *http://chemie-kvarta.wz.cz* [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupný z WWW:
<<http://chemie-kvarta.wz.cz/koroze-kovu.html>>

- [14] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2000, 216 s. ISBN 80-7082-668-1.
- [15] *odmaturuj.cz* [online]. 2007[cit. 2013-04-20]. Dostupný z WWW:
<<http://www.odmaturuj.cz/chemie/koroze-kovu/>>
- [16] *Wikipedia.org: Povrchová úprava kovov* [online]. 2013 [cit. 2013-04-20]. Dostupný z WWW:
<http://sk.wikipedia.org/wiki/Povrchov%C3%A1_%C3%BAprava_kovova>
- [17] KUBÍČEK, J. *Renovace a povrchové úpravy* [on-line]. 2006, [cit. 2013_04_22]. Dostupné z: WWW:
<http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/renovace_a_povrchove_upravy_kubicek.pdf>
- [18] *Wikipedia.org: galvanické pokovování* [online]. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupný z WWW:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Galvanick%C3%A9_pokovov%C3%A1n%C3%AD>
- [19] *barvy.cz: označení nátěrových hmot* [online]. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.barvy.cz/clanky/11s-oznaceni-naterovych-hmot/2v>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PbS	- Sulfid olovnatý
Fe	- Železo
Co	- Kobalt
H	- Vodík
C	- Uhlík
Si	- Křemík
Mn	- Mangan
S	- Síra
P	- Fosfor
Zn	- Zinek
Sn	- Cín
Pb	- Měď
Al	- Aluminium
ČSN	- Česká technická norma
ε	- Emisivita
\varnothing	- Průměr
HRC	- Tvrdost podle Rockwella
φ	- Aritmetický průměr

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Vysoká pec.</i>	14
<i>Obr. 2. Pracovní diagram zkoušky tahem a tlakem u měkké nelegované oceli.</i>	16
<i>Obr. 3. Pracovní diagram různých kovů a jejich slitin.</i>	16
<i>Obr. 4. Schéma číselného značení ocelí.</i>	18
<i>Obr. 5. Příklad barevného označení ocelí.</i>	19
<i>Obr. 6. Číselné značení litin.</i>	21
<i>Obr. 7. Diagram časových a teplotních průběhů při žihání.</i>	22
<i>Obr. 8. Žihací teploty nelegovaných ocelí.</i>	23
<i>Obr. 9. Kalící teploty nelegovaných ocelí.</i>	24
<i>Obr. 10. Soustavy uspořádání krystalové mřížky.</i>	29
<i>Obr. 11. Bodové poruchy.</i>	30
<i>Obr. 12. Čárové poruchy a) hranová dislokace b) šroubová dislokace</i>	31
<i>Obr. 13. Plošná porucha vrstvením chyb.</i>	31
<i>Obr. 14. Základní druhy korozního napadení.</i>	33
<i>Obr. 15. Schéma poškození materiálu opotřebením.</i>	34
<i>Obr. 16. rozdílné umístění odtokového potrubí z hlediska korozního namáhání</i>	37
<i>Obr. 17. Vznik štěrbin: a) špatně b) dobře</i>	37
<i>Obr. 18. Příklad zamezení vzniku makročlánků.</i>	38
<i>Obr. 19. Konstrukční řešení z hlediska možnosti vytvoření povrch. úpravy.</i>	38
<i>Obr. 20. Technologie stříkání nátěr. hmot v elektrostatickém poli vysokého napětí.</i>	49
<i>Obr. 21. Použitý vrták ø10,5 ČSN 22 1127.</i>	52
<i>Obr. 22. Elektrická odporová komorová pec MIWYcalor K, V30.</i>	53
<i>Obr. 23. Easydur italiana</i>	54
<i>Obr. 24. Křivky nastavení pece pro automatické nahřívání.</i>	55
<i>Obr. 25. Vzorky po tepelném zpracování.</i>	58
<i>Obr. 26. Tvrdost vzorku po při TZ. 350°C.</i>	59
<i>Obr. 27. Tvrdost vzorku po při TZ. 450°C.</i>	59
<i>Obr. 28. Porovnání tvrdosti vzorků.</i>	60

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Technologické údaje tepelného zpracování.....</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 2. Změny tvrdosti při popouštění oceli 19 830.</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 3. Vlastnosti a design po zahřátí na 250°C.</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 4. Vlastnosti a design po zahřátí na 300°C.</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 5. Vlastnosti a designe po zahřátí na 350°C.</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 6. Vlastnosti a designe po zahřátí na 400°C.</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 7. Vlastnosti a designe po zahřátí na 450°C.</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 8. Návrh barevného označení.</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 9. tvrdost zkoušeného vzorku</i>	<i>58</i>

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA PI: CD obsahující bakalářskou práci