

PRŮZKUM A OŠETŘENÍ PŘEDMĚTŮ Z LITINY, METODICKÝ MATERIÁL

1. HISTORIE VÝROBY LITINY

Litina je důležitým slévárenským materiálem využívaným ve strojírenství (části strojů, součástky motorů automobilů), stavebnictví (konstrukce mostů, schodišť), spotřebním průmyslu (nádobí, kamna), ale též i v oblasti uměleckého lití kovů (plastiky, dekorativní předměty, kašny, lavičky). Litina patří mezi slitiny železa a její historie a rozvoj technologie výroby je proto úzce spojen se znalostí metalurgického zpracování železné rudy. Počátky úspěšného zvládnutí odlévání litiny jsou dokladovány již kolem roku 700 př. n. l. v Číně. Obdivuhodný rozvoj této rané technologie souvisí se zavedením potřebného tavicího zařízení umožňujícího vhánět dostatek vzduchu do pecí (princip tzv. krabicových měchů) a značnými zásobami surovinových zdrojů. Mezi nejstarší dochované litinové předměty patří kamna z období dynastie Han (206 až 220 př. n. l.), které jsou nyní součástí sbírky The Field Museum v Chicagu, USA (obr. 1).



Obr. 1: Litinová kamna z období dynastie Han, provincie Shaanxi, Čína, The Field Museum

V Evropě se rozšiřuje technologie zpracování litiny až kolem 13. století (na území dnešní Anglie, Německa, Itálie). Významným úspěchem byla například instalace litinového vodovodního potrubí na hradě Dillenburg v Německu v roce 1455. Z litiny se vyrábějí i další předměty – součásti zbraní, dělové koule, kamnové desky apod. V návaznosti na počátek průmyslové revoluce, rodící se koncem 18. století v Anglii, dochází k expanzi používání železa a k inovaci řady technologických postupů. Jedním ze symbolů této epochy je litinový most

Iron Bridge přes řeku Severn v Coalbrookdale postavený v roce 1779 (obr. 2). Nicméně znalosti o struktuře a mechanických vlastnostech litiny byly až do zavedení mikroskopie (roku 1880) velmi omezené. V zásadě byla železná slitina klasifikována jen podle barvy lomu – bílá a šedá. Teprve až v roce 1938 (C. Adey) byl patentován postup výroby tvárné litiny, ve které je grafit vyloučen ve formě zaoblených kuličkovitých zrn. Novodobá historie litiny je též spojena se zavedením litiny s kompaktním grafitem (vermikulárním) zhruba v padesátých až sedmdesátých letech 20. století přinášející další možnosti aplikací v automobilovém průmyslu.



Obr. 2: Litinový most Iron Bridge přes řeku Severn blízko Coalbrookdale, Anglie (1779).
http://www.wikiwand.com/cs/Iron_Bridge

V Českých zemích se předměty z litiny začínají vyrábět od 15. stol. Střediskem výroby bylo Hořovicko a Komárovsko v Čechách, později Blanensko na Moravě.



Obr. 3: Užitná litina (přelom 19. a 20. století), stálá expozice Kovolitectví TMB

K prudkému rozvoji používání litiny došlo v 19. století s nástupem průmyslové revoluce, používáním kuploven k tavení litiny a zavedení hromadné strojní výroby. Litina se stala kvalitním běžným materiálem se širokým uplatněním. Ve své době byla největší litinovou samonosnou stavbou v celém Rakouském císařství konstrukce skleníku u zámku Lichtenštejnů v Lednici na Moravě, dokončená v roce 1845 Sobotínsko-štěpánovskou železářskou a hutní akciovou společností bratří Kleinů. Slavnostní bohatě zdobené plynové osvětlení na Hradčanském náměstí v Praze bylo odlito v Komárově v roce 1867. Na Zemské jubilejní výstavě v Praze v roce 1891 byl oceněn komárovský litinový výstavní pavilon, který byl darován Praze a od roku

1895 stojí jako restaurační budova na Letné a slouží dodnes. České země se staly hlavním producentem odlitků z litiny v celé Habsburské monarchii, resp. v Rakousko-Uhersku.

Ve válečném období, kdy byla vysoká poptávka po bronzu (na výrobu děl) a drahých kovech (na financování války), byly z litiny odlévány zvony, cimbály, příp. i šperky. Litinový zvon má kratší zvonivější tón a některé zvonice jsou jimi ozvučeny dodnes.

Po vzniku samostatné Československé republiky zůstalo z původního Rakousko-Uherska dvě třetiny celkové průmyslové produkce právě v Českých zemích. České země dosáhly ve výrobě litiny, resp. kvalitních litinových výrobků, mezinárodního věhlasu. Nutnou podmínkou byl dostatek kvalitní železné rudy, formovacích písků a jílu, dřeva a uhlí. A samozřejmě zkušenost kovolitců a šikovnost formířských mistrů.



Obr. 4: Umělecká litina – plaketa slevače, náhrdelník (ze sbírky Moravské galerie v Brně), busta Jan Žižka

Typický sortiment předmětů z litiny:

- nádobí (hrnce, kastroly, lívanečníky), žehličky, váhy, závaží, šicí stroje, hodiny, rámy zrcadel, svícny, vázy, mlýnky, hmoždíře, svěráky, nářadí, kliky u dveří, atd.;
- umělecké plastiky, sochy, busty, pamětní plakety, šperky;
- městský mobiliář (lavičky, sloupy, pouliční lampy, ploty, zábradlí, vývěsní reklamní štíty);
- pumpy, čerpadla, vany, umyvadla, rozvody vody, kašny, fontány, chrliče vody;
- nábytek;
- kamna a krby nebo jejich části, radiátory;
- vojenské kanóny, moždíře, munice;
- funerální litina (hřbitovní kříže, náhrobky);
- konstrukční strojní litina (textilní a zemědělské stroje, části motorů, parních strojů a lokomotiv, řemenice, ložiska, rámy, ojnice, lisy tiskařské, vinařské apod.);
- stavební litina (mosty, překlady, konzoly, schodiště, kanálové mříže a poklopy apod.).

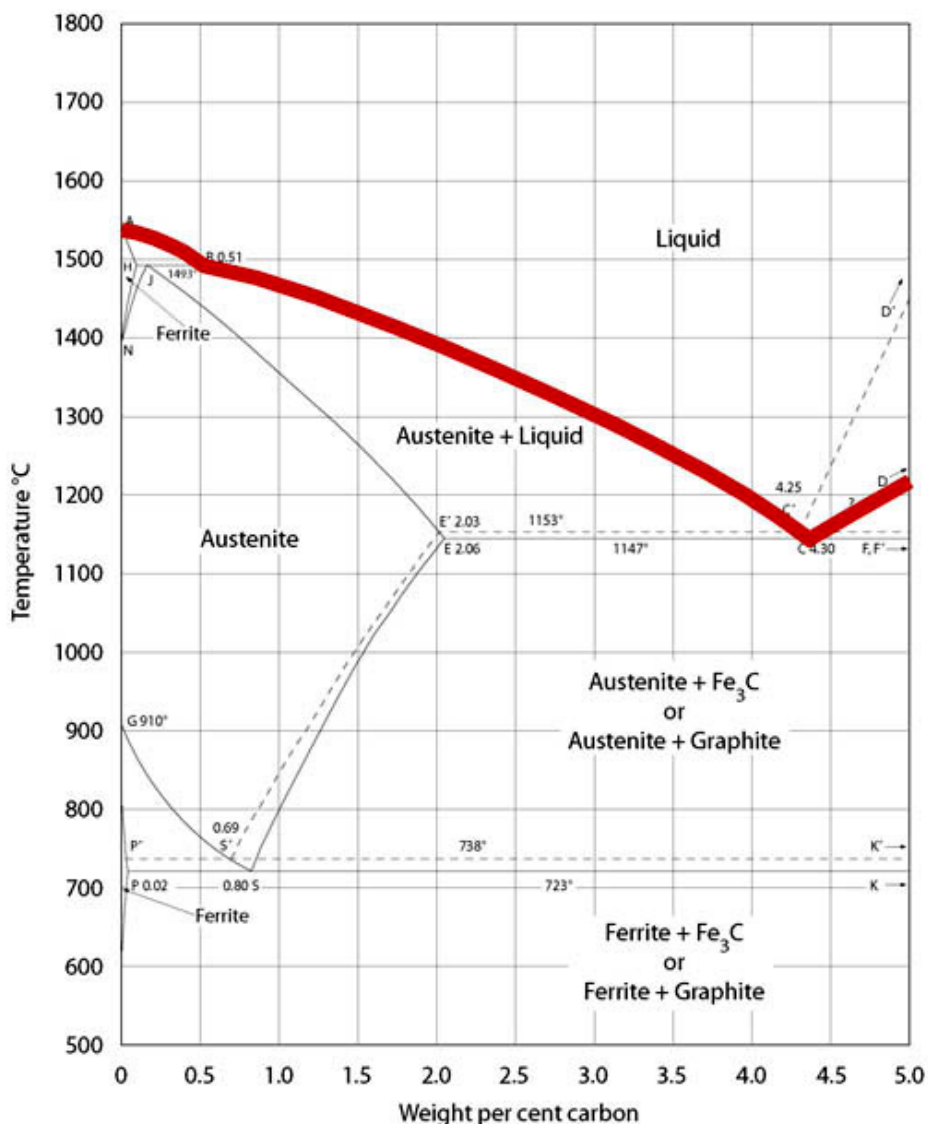


Obr. 5: Ukázky různých druhů předmětů z litiny: zleva – zlacená litinová kašna v Karviné, plastika Dívka (autor Hořava), hřbitovní kříž

2. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Litina je definována normou ČSN 42 00 06 jako slitina železa s uhlíkem, křemíkem, manganem a dalšími prvky, ve které množství uhlíku C přesahuje maximální hodnotu rozpustnosti v austenitu, což bez vlivu jiných prvků činí 2,11 %. Pod touto koncentrací obsahu uhlíku se jedná o oceli, při vyšších koncentracích se jedná o surová železa nebo litiny.

Fázové a strukturní přeměny ve slitině železo-uhlík popisuje rovnovážný fázový diagram (obr. 6). Podle formy vyloučení uhlíku se rozlišuje diagram metastabilní soustavy **Fe-Fe₃C** (oceli a bílé litiny) a diagram stabilní soustavy **Fe-C** (graftické litiny). Vlastnosti železných slitin jsou dále ovlivňovány legujícími prvky, mezi které v případě litin patří zejména křemík, mangan, chrom, molybden, měď, nikl aj. Nežádoucími příměsemi jsou fosfor a síra.



Obr. 6: Fázový diagram soustavy železo-uhlík. Plná čára představuje metastabilní soustavu Fe-Fe₃C, přerušovaná čára stabilní soustavu Fe-C

Binární diagram stabilní soustavy má praktické využití jen pro slitiny s obsahem uhlíku vyšším než 2 %. Na vodorovné ose rovnovážného diagramu je vynesena koncentrace uhlíku, která vzrůstá zleva doprava. Na ose svislé je teplota v °C. Eutektická krystalizace (při teplotě 1 153 °C) a eutektoidní rozpad (při teplotě 738 °C) stabilní soustavy probíhají při nižším obsahu uhlíku a při vyšších teplotách než u metastabilní soustavy. Z diagramu vyplývá jedno zásadní pravidlo – teplota tavení kovu (čisté železo – 1 538 °C) se výrazně snižuje se vzrůstajícím obsahem uhlíku do cca 4,5 %. Červená čára vyznačuje křivku likvidu – v oblasti nad likvidem existuje kov pouze ve formě taveniny. V případě vyššího obsahu uhlíku okolo 4 % dosahuje teplota potřebná k roztavení kovu hodnot již cca 1 200 °C, což byly podmínky tavení železa proveditelné i v raných pecích. Tekutý železný kov je možné poté odlévat přímo do různých tvarů a nazýváme ho příznačně – litina¹.

Základní strukturní složky a pojmy:

- **Austenit A** – tuhý roztok uhlíku v železe γ . U běžných litin existuje pouze nad eutektoidní teplotou A_1 . Pod touto teplotou se rozpadá na perlit, bainit, martenzit, sorbit nebo grafitový eutektoid.
- **Ferit F** – tuhý roztok uhlíku v železe α , má nízkou pevnost (350 MPa), vysokou tažnost a je feromagnetický.
- **Cementit C** – karbid železa Fe_3C , je tvrdý a křehký. V litinách může být ve formě desek (primární), kuliček (eutektický, ledeburitický), ve formě síťoví (sekundární) nebo ve formě jemných destiček (eutektoidní, perlitický).
- **Ledeburit L** – eutektická struktura metastabilní soustavy obsahující austenit a eutektický cementit.
- **Perlit P** – eutektoidní struktura metastabilní soustavy obsahující ferit a eutektoidní cementit. Má vysokou pevnost (850 MPa), ale nízkou houževnatost.
- **Sorbit** – velmi jemný perlit, který vzniká při vysoké rychlosti ochlazování austenitu. Má vyšší pevnost než perlit.
- **Bainit, martenzit** – struktury vznikající rozpadem austenitu při kalení.
- **Steadit** – eutektikum složené z feritu, karbidu železa a fosfidu železa.
- **Grafit** – stabilní typ struktury uhlíku.
- **Grafitizace** – krystalizace uhlíku ve formě grafitu a v tuhém stavu rozpad cementitu na grafit a ferit.
- **Eutektikum** – struktura, která se chová jako čistá složka. Tuhne při konstantní teplotě a má konstantní složení.
- **Grafitové eutektikum** – směs krystalů austenitu s lupínkovým grafitem, která vzniká při teplotě 1 154 °C a obsahu uhlíku 4,26 %.

Fyzikální a mechanické vlastnosti

Litina má velmi příznivé **slévárenské vlastnosti** – výborná zabíhavost kovu ve formě (tj. schopnost odlévat jemné reliéfy, např. šperky), malé smrštění (přesnost odlitku).

Příznivé **mechanické vlastnosti** litiny jsou tepelná vodivost (proto se používá na výrobu kamen a nádobí), tlumící schopnost (proti rázům a otřesům – konstrukční litina, rámy strojů a motorů), obrobiteľnosť (vrtání děr v lavičkách na sedáky, přesná kompletace složitějších celků). Tyto vlastnosti jsou v mnohých případech příznivější u litiny, než u ocelí. Na druhou stranu je litina obecně křehkým materiálem. Její vlastnosti lze ale ovlivňovat zejména množstvím, tvarem a rozložením uhlíku ve slitině. Forma vyloučeného uhlíku a struktura základní hmoty závisí především na:

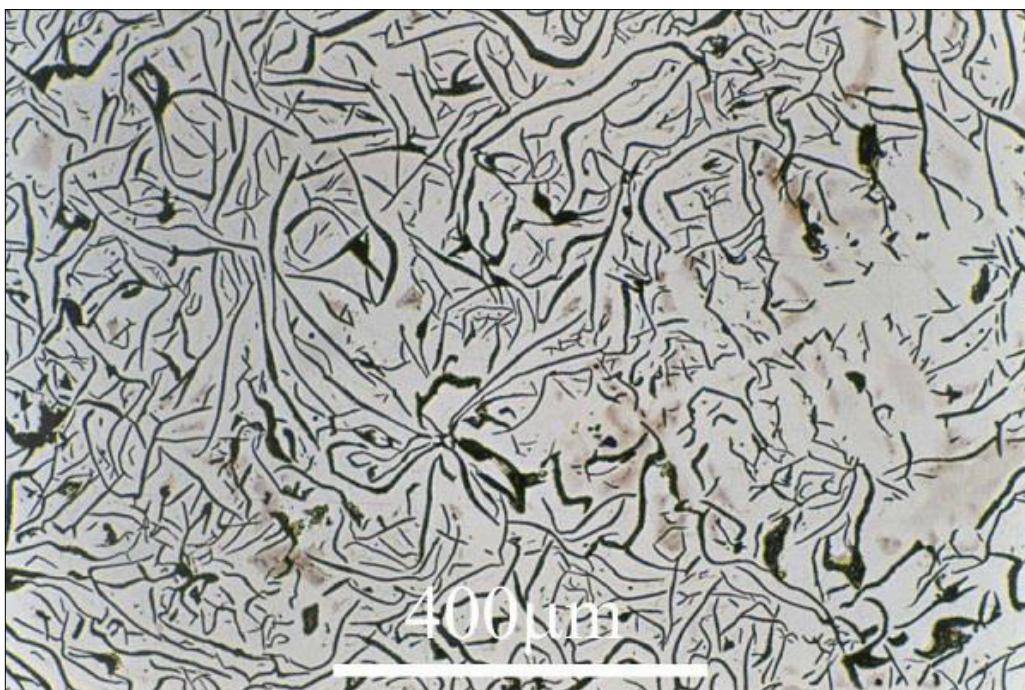
- chemickém složení materiálu,
- způsobu metalurgického zpracování – očkování,
- rychlosti ochlazování,
- tepelném zpracování kovu.

¹ Litina – angl. cast iron.

Rozdělení litin

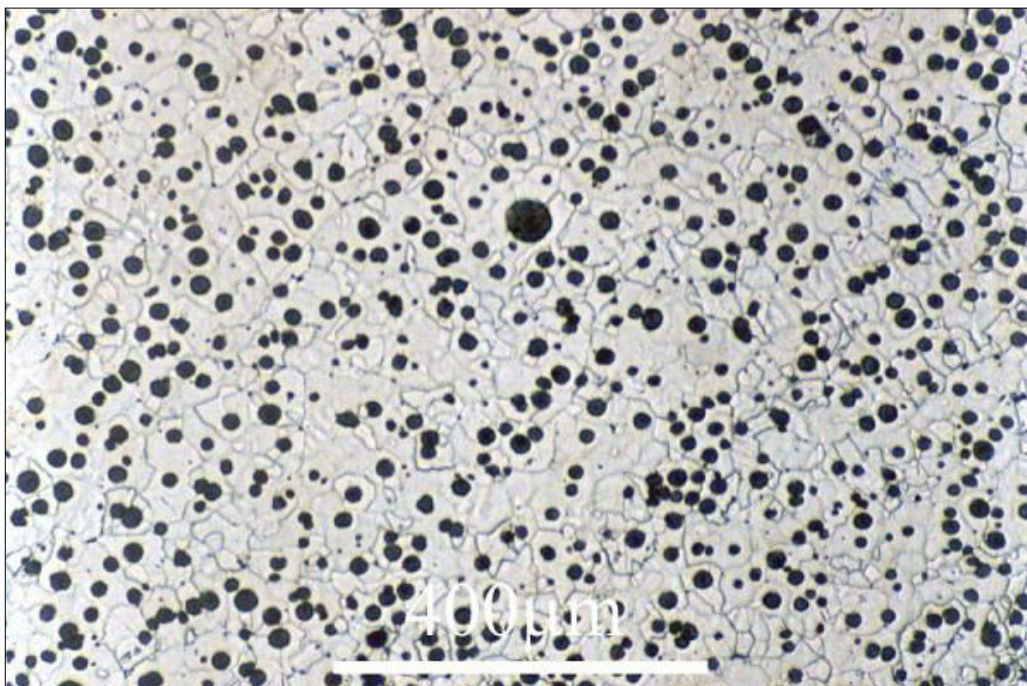
Litiny se dělí podle způsobu vyloučení uhlíku ve struktuře na tyto základní slitiny²:

- *bílé litiny*: tuhnou podle metastabilní rovnováhy, přičemž uhlík se vylučuje ve formě cementitu F_3C ; jejich odlitky mají sice značnou pevnost, ale jen omezené využití vzhledem k vysoké křehkosti.
- *grafitické litiny*: tuhnou podle stabilní rovnováhy, s uhlíkem vyloučeným ve formě grafitu:
 - / šedá litina s lupínkovým grafitem (obr. 7) – historicky nejstarší i nejrozšířenější typ litiny, vyniká výbornými slévárenskými vlastnostmi, méně však mechanickými vlastnostmi (užitné a umělecké odlitky);
 - / tvárná litina s kuličkovým (zrnitým) grafitem (obr. 8) – poskytuje svými příznivými mechanickými vlastnostmi přechod mezi ocelí a litinou (důležitý konstrukční materiál – mosty, klikové hřídele, ojnice, písty apod.);
 - / litina s červíkovitým (vermikulárním) grafitem, označuje se též jako litina s kompaktním grafitem (obr. 9) – jedná se o moderní materiál vyvinutý v padesátých až sedmdesátých letech 20. století, odolává cyklickému tepelnému namáhání (automobilový průmysl – bloky motorů)

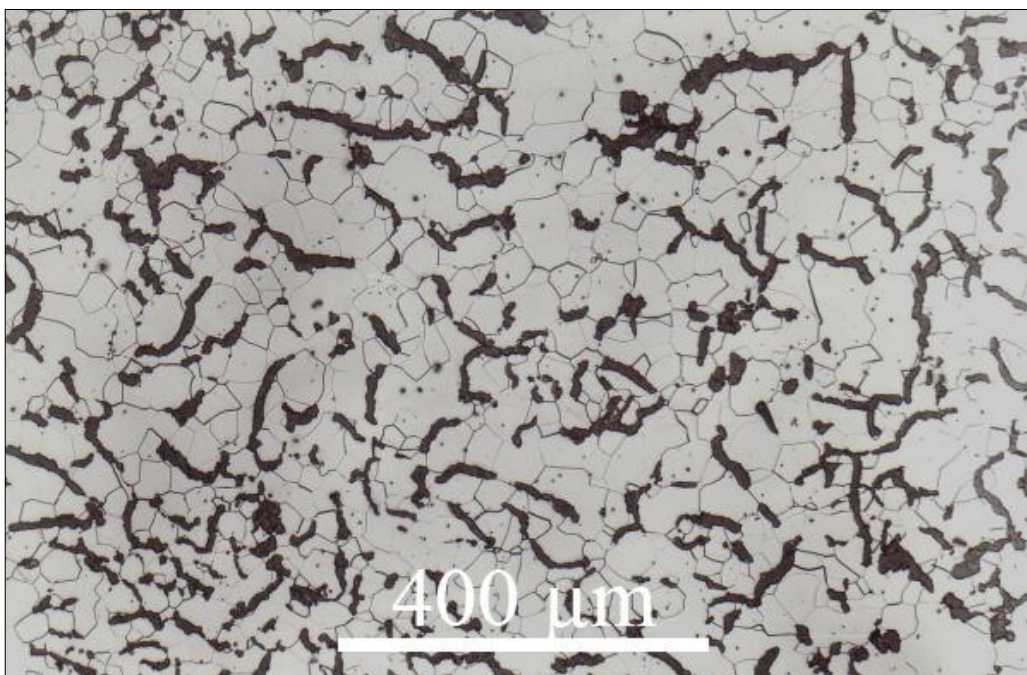


Obr. 7: Mikrostruktura šedé litiny s lupínkovým grafitem, ostré hrany zrn grafitu koncentrují napětí ve struktuře, zdroj: Ruble, A., 2018

² Systém značení litin je řešen v rámci normy ČSN EN 1560.



Obr. 8: Mikrostruktura tvárné litiny s kuličkovým grafitem; zrnitý tvar grafitu je výhodný, jelikož porušuje matici mnohem méně než lamelární a snižuje koncentraci napětí ve struktuře, zdroj: Ruble, A., 2018



Obr. 9: Mikrostruktura litiny s červíkovitým grafitem – kombinace vlastností protáhlých lupínkových zrn šedé litiny se zaoblenými zrny tvárné litiny, zdroj: Ruble, A., 2018

Materiálové charakteristiky šedé litiny rozšířené v oblasti památkové péče a muzejních sbírek

Šedá litina s lupínkovým grafitem ČSN 42 24 10 až 42 24 35:

Příznivé slévárenské vlastnosti:

- výborná zabíhavost tekutého kovu (schopnost dobře vyplnit formu, i jemné detaily, např. šperky, prolamované talíře apod.). Zabíhavost pozitivně ovlivňuje C, Si, P a Mn.
- malé smrštění (změna rozměrů) chladnoucího kovu. Smrštění litiny s lupínkovým grafitem je pouze cca 1 %.
- relativně nízká teplota tavení, snadnější levnější výroba.

Chemické složení:

- 2,8–3,8 % C
- 1,6–2,3 % Si
- 0,4–1,2 % Mn
- do 0,7 % P
- do 0,15 % S

Historické předměty z litiny starší sto a více let obsahují množství fosforu až okolo 1 %. Vyšší množství fosforu se do litiny při její výrobě přidávalo záměrně s cílem snížit viskozitu kovu a tím dosáhnout vyšší zabíhavosti odlitků, tj. vyšší schopnost tekutého kovu zaplnit i menší průřez (dutinu ve formě) k získání lehkého tenkostěnného odlitku, a to zejména u uměleckých odlitků. Negativním důsledkem vyššího obsahu fosforu je mnohdy **nežádoucí křehkost** takového předmětu.

Fyzikální vlastnosti:

- měrná hmotnost – závisí na chemickém složení a stupni grafitizace, $\rho = 7,0\text{--}7,4 \text{ kg/dm}^3$
- korozivzdornost – mírně lepší než u ocelí vlivem křemíku, možnost legování (Cu, Mo, Ni), příp. pasivační povrchy (Cr, Si, Al)
- žáruvzdornost – vyšší než u běžných ocelí
- kluznost – dobrá, grafit funguje jako mazivo
- obrobitelnost – dobrá, lámavá tříska
- smrštění – 0,8–1,0 %.

Mechanické vlastnosti:

- pevnost v tahu (Rm) – 100–350 MPa v závislosti na výsledné vyloučené struktuře
- mez kluzu – nevýrazná
- tažnost – nízká, neměří se
- pevnost v tlaku (Rmt)–Rmt = 3 × Rm.

Příklady různých typů šedé litiny dle materiálových charakteristik:

- Litina ČSN 42 24 15 (s lupínkovým grafitem)
Nejnižší pevnost v tahu Rm 150 MPa, nejvyšší tvrdost podle Brinella 200 HB.
Struktura: ferit, perlit a lupínkový grafit.
Použití: odlitky o tloušťce stěny od 5 do 30 mm, části textilních a zemědělských strojů, nádobí, mlýnky, části motorů, řemenice, víka, vodovodní tvarovky apod.
- Litina ČSN 42 24 20 (s lupínkovým grafitem)
Nejnižší pevnost v tahu Rm 200 MPa, nejvyšší tvrdost podle Brinella 220 HB.
Struktura: ferit, perlit (převládá u tenkostěnných odlitků) a lupínkový grafit.
Použití: odlitky o tloušťce stěny od 8 do 45 mm, části strojů, motorů, turbín, armatury.

3. IDENTIFIKACE LITINY

Posouzení struktury železných materiálů (litiny-oceli) lze provést laboratorně metalografickou analýzou. Odebraný vzorek je zpracován na nábrus a jeho charakteristická mikrostruktura vyhodnocena pozorováním v metalografickém mikroskopu.

Orientační rozlišení šedé od tvárné litiny lze zjednodušeně provést mechanicky – sekáčem, šedá litina se drolí, tvárná tvoří souvislou třísku. Toto posouzení nelze aplikovat přímo na sbírkových předmětech či v rámci konzervátorsko-restaurátorského průzkumu. Pokud je předmět poškozený, lze podle barvy lomu rozpoznat bílou litinu od šedé.

Litinu od oceli či svářkového železa můžeme odlišit podle základních konstrukčních nebo technologických znaků. Prvky z kovaného železa, u kterých je možné sledovat povrchové znaky kování, válcování či ručního opracování, jsou obecně jednodušší ve své formě a mají méně stejnoměrný vzhled než litinové prvky. Litinové prvky se opakují (z důvodu opakované výroby formováním modelu do pískových forem) a shodují svým tvarem. Pro jejich spojování se používaly více šroubové spoje, zatímco kusy z kovaných ocelových dílů jsou nýtované nebo tepelně svařované.

V některých případech však to co se tváří jako litina, ve skutečnosti litina není. Příkladem mohou být venkovní dekorativní prvky na Kleinově paláci v Brně, postaveném v polovině 19. století v novorenesančním stylu. Jedná se o sídlo prosperující železářské rodiny Kleinů, majitelů železáren v Sobotíně a Štěpánově, která svého postavení dosáhla zejména výstavbou železnic, mostů a vodních staveb v Rakousko-Uhersku. Typickým sortimentem jejich železáren byla výroba litiny, a proto se dlouhá léta předpokládalo, že tento ve své době moderní materiál, použijí na stavbě svého reprezentativního sídla v Brně (dnešní náměstí Svobody č. 15). Až v nedávné době bylo zjištěno, že kovový dekorativní materiál na průčelí stavby není vše litina, ale slitina zinku.



Obr. 10: Kleinův palác v Brně, čelní část domu, některé dekorativní prvky odlité ze slitiny zinku

4. SPOJOVÁNÍ LITINY

Spojování litiny se běžně používá při sestavování větších složitějších celků. Mezi poměrně běžné spojení patří metoda svařování, nýtování, spojování šrouby, příp. čepy.

4.1. Svařování

Svařování litiny je obtížnější než svařování ocelí. Přídavné materiály pro svařování litin rozlišujeme do dvou skupin podle toho, zda je svarový kov stejného charakteru jako základní materiál (litina) nebo zda má svarový kov jiný charakter než základní materiál (Cu, Ni).

Pro první případ se používají litinové tyčinky někdy speciálně odlité pro danou svařovanou litinu.

Ve druhém případě se používají materiály na bázi slitin mědi a niklu se železem v různých poměrech.

Postupy svařování litiny v závislosti na předehřevu materiálu

- Svařování za tepla: litinový odlitek je před vlastním svařováním ohřátý na teplotu 500–650 °C
- Svařování za polotepla: odlitek je předehříván na teplotu 250–450 °C
- Svařování za studena: teplota v místě svaru je max. 75 °C.

Metody svařování litiny

- Svařování plamenem
- Svařování el. obloukem obalenou elektrodou nebo litou tyčinkou
- Svařování uhlíkovou elektrodou a litou tyčinkou
- Svařování metodou WIG
- Pájení plamenem

Litina vystavená delší dobu vysokým teplotám (např. kamna, kamnové desky) je prakticky nesvařitelná a ani spálený povrch není možné odstranit v dostatečné hloubce.

Svařování litiny lze použít u nerozebíratelného spojení více částí sestavovaných v jeden celek. Dalším důvodem použití metody svařování je odstranění možných viditelných slévárenských vad, např. během čištění povrchu. Typickým představitelem mohou být trhliny a praskliny. Trhliny mohou mít rozdílný tvar, rozsah a umístění a bývají většinou patrné pouhým okem. Trhlina se musí před svařováním upravit – odvtání kořenů trhliny, čímž se zamezí jejímu dalšímu šíření.

Svařování šedé litiny

Šedou litinu svařujeme za tepla, přičemž jako přídavného materiálu používáme odlitou tyčinku s vyšším obsahem křemíku Si, který spolu s pomalým ochlazováním způsobí vznik jemného grafitu. Při rychlém ochlazení naopak vzniká bílá litina v souladu s metastabilní soustavou, která je velmi tvrdá a křehká. Při svařování šedé litiny za studena používáme jako přídavného materiálu slitiny na bázi niklu a mědi. Tyto prvky působí grafitotvorně, takže svarový kov krystalizuje opět jako šedá litina. Avšak pásmo přehřátí v tepelně ovlivněné oblasti krystalizuje nestabilně jako bílá litina, což může být nežádoucí.

Pozn.: Svaření „staré“ litiny k nově odlité litině je z důvodu rozdílných strukturních vlastností a obsahu steadytu problematické. Takový spoj má často omezenou pevnost a je málo kvalitní.

4.2. Montované spoje

Montované spoje u litinových či kombinovaných materiálů jsou poměrně časté. Některé lze opětovně snadno rozebrat, jiné obtížněji. Do této skupiny spoju patří:

- nýtování – typické zejména u větších stavebních konstrukcí (mostové konstrukce, zábradlí),
- šroubové spoje (textilní a zemědělské stroje, součásti motorů, lisy, kašny apod.),
- spojení čepy (sloupy, kandelábry, lustry, umělecké předměty, aj.).



Obr. 11: Státní zámek Hluboká nad Vltavou, dekorativní litina na kolonádě a zábradlí, vlevo točité samonosné litinové schodiště, montovaná konstrukce

5. POVRCHOVÉ ÚPRAVY

Povrchové úpravy u litiny se aplikují zejména ze dvou hlavních důvodů. Jedním z nich je zlepšit korozivzdornost materiálu, druhým důvodem je požadavek estetický, tj. různý dekorativní a barevný vzhled. Pro zvýšení korozní odolnosti litiny a zajištění požadované vizuální podoby předmětu se používají obdobné povrchové úpravy jako u ocelí.

V rámci konzervování-restaurování kulturního dědictví je žádoucí zachování dobové povrchové úpravy (např. nátěru). V této souvislosti je důležité provést mikroskopický průzkum vzorku řezu nátěrového systému (*stratigrafie*), na jehož podkladě je posuzována původní povrchová úprava a její změny v průběhu historie. Jestliže je původní povrchová úprava zachována v dostatečném rozsahu a stabilitě, není vhodné ji odstraňovat. V případech, kdy to není možné (např. rozsah poškození povrchu je příliš velký), se přistupuje k odstranění starších povrchových úprav či jejich překrytí novými nátěrovými systémy. Avšak důvody a postupy musí být vždy dokladovány a objasněny v konzervátorsko-restaurátorské zprávě.

Nátěry

Mezi tradiční nátěrové systémy patří olejové barvy na bázi terpentýnu a lněného oleje. Jako základový nátěr byl též používán červený suřík (oxid olovnato-olovičitý, minium), který poskytoval velmi účinnou ochranu proti korozi. Vzhledem k jeho toxicitě pro člověka i životní prostředí bylo použití suříku z nátěrových systémů zhruba od sedmdesátých let 20. století vyřazeno.

Můžeme se setkat i s grafitovým povlakem, který ve vnější pohledové vrstvě navozuje dojem nového předmětu – odlitku, kde je grafit přítomen přirozeně. Moderní nátěrové povlaky jsou na bázi alkydových olejových pojiv.

Kvalitním komplexním nátěrem je např. tzv. Kovářská barva (antikorozi alkyd-uretanová vrchní i základní barva, odolná proti působení povětrnostních vlivů, zasychající při teplotách již nad plus 5 °C). Samotný povrch předmětu před vlastní aplikací nátěru je nutno zbavit případných korozních produktů.

Finální **konzervaci povrchu** litiny je vhodné provést pomocí reverzibilní akrylátové pryskyřice Paraloid, nebo včelím voskem.



Obr. 12: Pomůcky k mechanickému čištění povrchu předmětů.



Obr. 13: Litinové nádobí, poškozený smalt uvnitř nádoby

Smaltování

Samostatným odvětvím je povrchová úprava smaltováním, které je typické např. u litinového nádobí, šperků, vývěsních informačních cedulí a uměleckých děl. Na upravený povrch předmětu se nanese sklovitý povlak, který se teplem v peci nataví ke kovovému podkladu. Takto chráněný předmět je odolný vůči povětrnostním vlivům, je stabilní a stálobarevný. Méně je odolný vůči mechanickému poškození.



Obr. 14: Litinový mlýnek na maso s pocínovaným povrchem

- **Galvanické zinkování a cínování** je protikoroziční úprava oceli a litiny jako finální povrchová úprava nebo jako podklad pod nátěr.
- **Ponorové cínování** oceli, litiny a neželezných kovů se provádí ponořením odmaštěného předmětu do cínové lázně. Tato technologie se používá jako povrchová úprava např. u mlýnků na maso.
- **Žárové cínování** je metoda, kdy se teplem roztavený cín nanáší v tenké vrstvě oxidů cínu SnO a SnO₂ na povrch litinového předmětu.
- **Žárové zinkování** zajišťuje dlouhodobou protikoroziční ochranu litinových předmětů, možno použít v kombinaci pod vrchní finální nátěr (zdobné litinové prvky kašny na vodu).



Obr. 15: Litinové dekorativní prvky s rostlinným motivem, povrch po otryskání a žárovém zinkování, připraveno k nátěru

- **Bezproudé (chemické) niklování** je vytvoření dekorativního a ochranného povlaku na předmětu. Spolu s niklem se do povlakové vrstvy ukládá také fosfor. Vytvořená vrstva Ni_3P na povrchu litiny (ale i na oceli, na slitinách hliníku, mědi apod.) výrazně zvyšuje odolnost proti korozi a otěruvzdornosti. Niklování litiny je obvyklé např. u tzv. amerických kamen jako povrchová úprava.
- **Chromování** oceli a litiny se používá pro dosažení vysoké korozivzdorné odolnosti. Původní materiál (litina, příp. ocel) je pokryta tenkou vrstvou Ni-Cr.
- **Patinování** jako umělé zestárnutí materiálu pomocí změny barvy chemickou reakcí. Konkrétní recepty jsou ovšem mnohdy chráněny. Ve specializovaných obchodech lze zakoupit konkrétní připravenou patinovací směs.
- **Černění** je způsob barvení ocelových a litinových předmětů pro dekorativní a částečně i pro antikorozi účely (šperky, umělecké předměty). Na povrchu předmětu se vytváří tenký oxidový povlak modročerné až černé barvy. Podstatou černění je oxidace kovu za vzniku Fe_2O_3 , respektive směsi $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_3\text{O}_4$. Podmínkou vytvoření dokonalého oxidového povlaku je dobře mechanicky očištěný povrch bez koroze a mastnoty.

6. KOROZE LITIN

Litina je na rozdíl od uhlíkové oceli na povrchu chráněna oxidy železa a grafitem, proto je oproti odlitkům z oceli po nějakou dobu proti korozi přirozeně chráněna. Korozní rychlostí se však od oceli výrazně neliší. Vzhledem k větší tloušťce stěny litinových odlitků (oproti ocelovým) je jen zdánlivě korozní rychlost litiny menší než u ocelí. Lepší korozivzdornost litiny je ovlivňována vyšším obsahem křemíku, dále legováním Cu, Mo, Ni nebo použitím pasivačních povrchů na bázi Cr, Si, Al. Negativní vliv na korozivzdornost má síra. Koroze kovů závisí zejména na relativní vlhkosti vzduchu. Vyšší než 70 % RV prudce iniciuje nezvratné korozní děje. Dalším faktorem podporujícím vznik koroze je přítomnost prachu a dalších škodlivin jako je oxid siřičitý SO_2 v ovzduší. Odhadem lze stanovit úbytek tloušťky stěny litinového odlitku na cca 1 mm za 100 let. Korozní rychlost u šedé litiny je nepatrně nižší než u tvárné litiny. Dalším činitelem zvýšené koroze předmětu je jeho umístění – trvale v půdě (potrubí) nebo dlouhodobě ve vodě (fontány, kašny). V těchto případech může dojít k tzv. spongióze šedé litiny (tzv. grafitická koroze), která je příkladem selektivní koroze. Při tomto poškození degraduje anodicky železná matrice při zachování tvaru předmětu (nehomogenní houbovitá struktura), který je tvořen pouze křehkým grafitovým skeletem.

Litinové předměty bývají opatřeny nátěry chránícími povrch před vnějším prostředím a vlhkostí. V případě narušení tohoto ochranného vnějšího povlaku může dojít na obnaženém kovu k lokální korozi (obr. 16).

Dalším typem mechanismu poškození může být galvanická koroze, která vzniká při vodivém kontaktu ušlechtilého kovu s kovem méně ušlechtilým. Pozornost musí být proto věnována vhodným kombinacím kovových materiálů tak, aby nedocházelo ke spojování materiálů s rozdílnými korozními potenciály. V případě uhlíkové oceli a litiny nastává velké korozní ovlivnění ve spojení s mědí nebo hliníkem.



Obr. 16: Detail hlavy koně – koroze litiny s poškozeným nátěrem

V případě silného korozního napadení předmětů či jiného poškození je možné zvážit výrobu kopie předmětu ve specializované kovolitecké dílně – slévárně litiny. Originál předmětu je pak po ošetření uložen do deponitáře.

7. KONZERVOVÁNÍ-RESTAUROVÁNÍ

Najít univerzální postup pro ošetření litinových předmětů je obtížné. Důvodem je zejména různá velikost, tvar a tloušťka stěn předmětů, stupeň jejich poškození, opotřebení, kombinace použitých materiálů, stáří předmětů, jejich jedinečnost/hodnota, míra zachování původních povrchových úprav apod. Obecně se ale některé postupy a technologie v rámci konzervátorsko-restaurátorského zásahu mohou opakovat v následujícím rozsahu.

- Každému zásahu musí vždy předcházet důkladný průzkum a analýza stavu předmětu včetně jeho podrobné fotodokumentace, následné vyhodnocení zjištěných skutečností a stanovení konceptu vhodného zásahu a jeho schválení.
- Zbavení povrchu nečistot a produktů koroze

Mechanické očištění povrchu lze provést brusným rounem, drátěným kartáčem (obr. 12), nebo ve výjimečných případech jemným tryskáním. Nešetrné tryskání ovšem může v některých případech vést až k nenávratnému poškození předmětu. Důležité je vhodně zvolit tryskací médium – abrazivo (jemný písek kulatého zrna, balotina, ořechové skořápky aj.), tlak nosného vzduchu a vzdálenost trysky od předmětu.

Efektivní čištění litinových předmětů od korozních produktů představuje tryskání za nízkého tlaku jemným abrazivem kulatého zrna. V žádném případě ale netryskáme drobné předměty (šperky, jedinečné umělecké předměty či přesné mechanismy, smaltované předměty aj.). Povrch zbavený korozních produktů je vhodné bez prodlení opatřit schváleným ochranným nátěrem. K odstranění lokálních korozních vrstev používáme jemné brusné rouno, elektrickou ruční mikrobrusku s výměnnými nástavci různé tuhosti, smirkový papír, příp. drátěný kartáč (obr. 12).

Po čištění povrchu se mohou objevit – zviditelnit některé možné slévárenské vady jako je např. zadrobenina povrchu, připečený formovací materiál, trhliny, praskliny, odvařeniny, struskovitost, vměstky, staženiny apod. Některé tyto vady lze odstranit přetmelováním (u nenamáhaných součástí), nebo zavařením a přebroušením.

- Doplnění chybějících dílů (možnost výroby nových odlitků stejného chemického složení odléváním do pískových forem, nebo metoda přesného lití – odlévání do keramických skořepin), cizelování nových částí.
- Kompletace předmětu (viz kap. Spojování litin).

- Povrchová úprava povrchu v návaznosti na závěry průzkumu původních vrstev (nátěrové systémy, patinování, antikoroziční úpravy pokovením apod.). V rámci konzervování železných kovů určených do interiéru je rozšířená akrylátová pryskyřice Paraloid, na bázi kopolymeru etylmetakrylát – metylakrylát. Podle účelu použití a konkrétního materiálu se volí koncentrace a použité rozpouštědlo (aceton, toluen, xylol), viz pokyny výrobce. Pro restaurování kovů je vhodný Paraloid B48N, příp. Paraloid B72.

Další možností je aplikace včelího vosku (rozpuštěným v technickém benzínu). Výhodou použití včelího vosku je jeho snadná dostupnost, nezávadnost, aplikace, cena a reverzibilita (odstranění), nevýhodou častější rekonzervace. Pokud jsou ošetřovány předměty umístované v exteriéru, v agresivnějších venkovních podmínkách, je možné aplikovat účinnější nátěrové systémy např. na bázi polyuretanů, obr. 18.

V případech stabilizace zkorodovaného povrchu litinového předmětu lze aplikovat tanátování. (viz metodický materiál M 1/2017 MCK TMB „Doporučené podmínky aplikace prostředků stabilizace rzi na bázi taninů – tanátování“ viz https://mck.technicalmuseum.cz/wp-content/uploads/2017/12/Tan%20c3%a1ty_web.pdf)

Veškeré protikoroziční ochranné systémy, nejen u litinových předmětů umístěných v exteriéru, je nutné pravidelně kontrolovat a opakovat.

- Pro uložení kovových předmětů v muzejních sbírkách je doporučeno zachovávat optimální parametry mikroklimatu. Důležité je zejména udržovat hodnotu relativní vlhkosti vzduchu pod 60 % a při teplotě 10 až 25 °C. Je třeba také pravidelně kontrolovat čistotu vnitřního prostředí (omezit prach a přítomnost nežádoucích polutantů).



Obr. 17: Litinové detaily kašny, původní stav před konzervováním-restaurováním



Obr. 18: Litinové detaily kašny, stav po konzervování-restaurování

LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE:

ČSN 42 2415. *Litina 42 2415 s lupínkovým grafitem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1990.

ČSN 42 2420. *Litina 42 2420 s lupínkovým grafitem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1990.

ČSN EN 1561. *Slévárství – Litiny s lupínkovým grafitem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

ČSN EN 1563. *Slévárství – Litina s kuličkovým grafitem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

HOLEČEK, Stanislav. *Litina – struktura a vlastnosti*. In: *Renesance litiny ve městě: odborný seminář*. Praha: STOP – Společnost pro technologie ochrany památek, 1997.

Kolektiv autorů. *Metodika uchování předmětů kulturní povahy*. Brno: Technické muzeum v Brně, 2017. ISBN 978-80-87896-40-2

NOVÁK, Pavel. *Atmosférická koroze železa*. In: *Renesance litiny ve městě: odborný seminář*. Praha: STOP – Společnost pro technologie ochrany památek, 1997.

POKORNÝ, Karel. MATOUŠEK, Jiří. *Mistři uměleckých řemesel*. Praha: BB/art, 2014. ISBN 978-80-7461-457-6.

ROUČKA, Jaromír. *Slévárenská technologie II*. Brno: Vysoké učení technické, 1990. ISBN 80-214-0156-7

RUBLE, Andrew. *Cast Iron: History and Application*, Department of Material Science & Engineering University of Washington.

SCOTT, David. EGGERT, Gerhard. *Iron and steel in art*. London: Archetype Publications Ltd., 2009. ISBN 978-1-904982-05-0.

SELUCKÁ, Alena. *Doporučené hodnoty relativní vlhkosti a teploty pro uložení sbírkových předmětů*. Metodický pokyn. Brno: Technické muzeum v Brně, 2011.

STEFANESCU, M. Dory. *A History of Cast Iron*. ASM Handbook, Vol. I A, Cast Iron Science and Technology, 2017. ISBN-13:978-1-62708-133-7 ISBN-10:1-62708-133-X.

Vydalo: Technické muzeum v Brně,
Metodické centrum konzervace, 2018
Purkyňova 105, 612 00 Brno / www.mck.technicalmuseum.cz
Zpracovali: Ing. Martin Kroužil, Ing. Martin Mrázek Ph.D., Ing. Alena Selucká