

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23 - 07 - 8

Strojírenská technologie

zaměření

Strojírenská metalurgie

Katedra materiálů a strojírenské metalurgie

MODERNIZACE KALÍRNY K. P. TOS VARNSDORF

KMM - 310

Václav KROČIL

Vedoucí diplomové práce: ing. Vendula ŠTEFANOVÁ,  
VŠST Liberec

Konzultant: ing. Ladislav POLÁČEK,  
k. p. TOS Varnsdorf  
Karel LAŠTOVKA,  
k. p. TOS Varnsdorf

Rozsah práce a příloh

Počet stran: 60

Počet tabulek: 8

Počet obrázků: 4

Počet příloh: 3

Počet výkresů: 2

2. června 1989

Vysoká škola strojná a textilní Fakulta strojná  
v Liberci  
Katedra: materiálů a strojírenské metalurgie Skolní rok: 1988/89

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Václava KROČILA  
obor strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Modernizace kalírny k.p. TOS Varnsdorf

## Zásady pro vypracování:

1. Zhodnoťte a popište stávající stav kalírny v k.p. TOS Varnsdorf.
2. Navrhněte modernizaci kalírny. Zaměřte se na progresivní technologie, modernizaci strojírenského parku, na zlepšení pracovního prostředí a snížení energetické náročnosti provozu.
3. Proveďte ekonomický rozbor,

V 196/89 S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
Ústřední knihovna  
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5  
PSČ 461 17

Kalírny - modernizace

SM/KMM

Rozsah grafických prací: **schemata, projektová dokumentace**

Rozsah průvodní zprávy: **40 - 50 stran**

Seznam odborné literatury:

1. KRÁSNÝ, O., PICKA, J.: Navrhování a modernizace kalíren, SNTL Praha 1966
2. VIGNER, M., ZELENKA, A., KRÁL, M.: Metodika projektování výrobních procesů. SNTL Praha 1984.
3. ČSN, podnikové normy
4. Literatura prospektová a časopisecká podle údajů konzultanta z podniku.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vendula Štefanová**

Konzultant: **Ing. Ladislav Poláček TOS Varnsdorf**  
**Karel Laštovka**

Datum zadání diplomové práce: **12.9.1988**

Termín odevzdání diplomové práce: **2.6.1989**



*Zdeněk Holubec*  
**Doc. Ing. Zdeněk Holubec, CSc**

Vedoucí katedry

*Vladimír Prášil*  
**Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc**

Děkan

v **Liberci** dne **9.9.** 19 **88**

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou  
práci vypracoval samostatně s použitím uvedené  
literatury.

V Liberci 2. 6. 1989

*Karel Hruš*  
.....

## O B S A H

- 1. ÚVOD
- 2. PROJEKTOVÁNÍ KALÍREN - TEORETICKÁ ČÁST
  - 2.1 Specifikace projektování kalíren
    - 2.1.1 Přípravné práce
    - 2.1.2 Práce na technologické části projektu
      - 2.1.2.1 Kapacitní výpočet
      - 2.1.2.2 Výkresová a textová dokumentace
  - 2.2 Zvláštnosti technologie tepelného zpracování
  - 2.3 Rozdělení kalíren
  - 2.4 Zařízení kalíren
    - 2.4.1 Pece
      - 2.4.1.1 Pece plynové
      - 2.4.1.2 Pece elektrické
        - 2.4.1.2.1 Komorové pece
        - 2.4.1.2.2 Komorové pece vozíkové
        - 2.4.1.2.3 Šachtové pece
        - 2.4.1.2.4 Průběžné pece
      - 2.4.2 Kalicí nádrže
      - 2.4.3 Vytvoření řízených atmosfér
      - 2.4.4 Dopravní a manipulační zařízení
    - 2.5 Technologie provozovaných výrobních procesů
      - 2.5.1 Tepelné operace
        - 2.5.1.1 Žihání
          - 2.5.1.1.1 Normalizační žihání
          - 2.5.1.1.2 Žihání na měkko
          - 2.5.1.1.3 Žihání na odstranění pnutí
        - 2.5.1.2 Kalení základní
        - 2.5.1.3 Popouštění
        - 2.5.1.4 Cementování
        - 2.5.1.5 Nitridování
          - 2.5.1.5.1 Iontová nitridace
      - 2.5.2 Pomocné operace
        - 2.5.2.1 Tryskání

- 2.5.2.2 Rovnání
- 2.5.2.3 Odmašťování
- 2.5.2.4 Černění
- 2.5.2.5 Kontrola tvrdosti
- 2.6 Kapacitní výpočet kalírny
  - 2.6.1 Výpočet podle globálních hodnot
    - 2.6.1.1 Určení velikosti a počtu pecí
    - 2.6.1.2 Stanovení počtu pracovníků
  - 2.6.2 Výpočet podle technologických postupů
    - 2.6.2.1 Určení typu pece
    - 2.6.2.2 Kontrola navržené pece
    - 2.6.2.3 Určení počtu pecí
- 2.7 Pracovní prostředí a bezpečnost práce v kalírnách
  - 2.7.1 Protipožární opatření
- 2.8 Celkové uspořádání kalírny
- 3. VÝROBNÍ PROGRAM K. P. TOS VARNSDORF
- 4. POPIS A ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU KALÍRNY V K. P. TOS VARNSDORF
  - 4.1 Umístění kalírny
  - 4.2 Zařízení kalírny
    - 4.2.1 Přehled technologického zařízení
      - 4.2.1.1 Použití pecních jednotek
      - 4.2.1.2 Dopravní a manipulační zařízení
  - 4.3 Přehled o stavu pracovníků
  - 4.4 Rozbor výrobního programu
  - 4.5 Pracovní prostředí, bezpečnost a hygiena práce
  - 4.6 Hlavní údaje a ukazatele
  - 4.7 Zhodnocení současného stavu
- 5. NÁVRH MODERNIZACE KALÍRNY
  - 5.1 Výchozí předpoklady
  - 5.2 Rozbor výrobního programu v CR 1995
  - 5.3 Návrh pecí
    - 5.3.1 Žihací pece
    - 5.3.2 Pece pro kalení a popouštění

- 5.3.3 Cementační pec
- 5.3.4 Nitridační pec
- 5.4 Návrh pomocných zařízení
  - 5.4.1 Tryskání
  - 5.4.2 Rovnání
  - 5.4.3 Odmašťování
- 5.5 Manipulace a doprava
- 5.6 Kapacitní propočet
- 5.7 Hlavní údaje a ukazatele
- 5.8 Ekonomický rozbor a zhodnocení modernizace
- 6. ZÁVĚR

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

k. p.	koncernový podnik
$A_{c1}$	teplota, při níž při použití rychlosti ohřevu začíná přeměna perlitu v austenit
$A_{c3}$	teplota, při níž při použití rychlosti ohřevu končí přeměna feritu v austenit
$A_{cm}$	teplota, při níž při použití rychlosti ohřevu končí rozpouštění sekundárního cementitu v austenitu
$M_S$	martenzit start, teplota počátku přeměny austenitu na martenzit
$M_f$	martenzit finisch, teplota konce přeměny austenitu na martenzit
$Q_c$	celkové množství přivedeného tepla [J]
$Q_u$	množství tepla, které je třeba dodat vsázce, aby se ohřála na požadovanou teplotu [J]
$Q_z$	množství tepelných ztrát [J]
$m_v$	hmotnost vsázky [kg]
$c_s$	střední měrné teplo mezi teplotami $t_2$ a $t_1$ , [J/kg K]
$\eta$	účinnost pece, [%]
$Q_h$	množství tepla přivedeného za hodinu [J/h]
$\tau_o$	doba trvání ohřevu [h]
$Q_E$	množství elektr. energie potřebné k ohřevu vsázky v peci
$N_v$	počet vsázek za rok
$M_c$	celková hmotnost všech součástí [kg/rok]
$\tau_c$	délka cyklu určité operace t.z., [h]
t. z.	tepelné zpracování
$F_c$	celkový počet hodin pro danou operaci t.z. [h/rok]
$N_p$	nutný počet pecí
$F_{ef}$	efektivní časový fond zařízení [h/rok]



## 1. ÚVOD

----

V souladu s celosvětovým vývojem vyrábějí naše strojírenské závody stroje a zařízení o stále vyšších parametrech, ovšem bez úměrného zvyšování objemu a tím i hmotnosti těchto strojů a zařízení. Konstrukteři strojírenských závodů proto kladou zvýšené nároky na vlastnosti používaných materiálů. Volí kvalitnější, a tedy i dražší materiál s větším obsahem slitinových prvků, nebo zvyšují nároky na tepelné zpracování materiálu.

Těmto snahám nemohou ovšem vyhovět kalírny bez moderního a produktivního zařízení. Z tohoto důvodu je nutné rekonstruovat a modernizovat tyto provozy tepelného zpracování.

Tato práce je zaměřena na řešení modernizace technologických procesů ve středisku tepelného zpracování k. p. TOS Varnsdorf. Současný stav kalírny plně nevyhovuje dnešním požadavkům kladeným na tento provoz. Pecní vybavení je sice udržované, ale zastaralé. Nelze na něm plně zabezpečit nové technologie tepelných a chemicko-tepelných procesů. Rovněž z hlediska bezpečnostního, požárního a především životního prostředí je provoz kalírny nevyhovující.

Cílem diplomové práce je vyřešení modernizace pecního vybavení ve stávajících prostorech, při respektování kvalitativních a kvantitativních požadavků, hygienických a bezpečnostních podmínek. Dále je potřeba podat přehled na finanční nároky, nároky na plochy, pracovníky a energie pro vlastní technologickou část. Podmínkou řešení je vybavení kalírny pecními agregáty výhradně tuzemské výroby z výrobního programu ZEZ Praha a jeho závodů.

## 2. PROJEKTOVÁNÍ KALÍREN - TEORETICKÁ ČÁST

Kalírny se podstatně liší od ostatních dílen strojírenských závodů. Je to způsobeno tím, že materiál na rozdíl od běžných strojírenských technologických postupů nemění při tepelném zpracování vnější tvar, nýbrž jsou kvalitativně zlepšovány jeho vlastnosti. Proto je třeba při projektování kalíren postupovat se zřetelem na specifickou problematiku technologie tepelného zpracování, která projekt výrazně ovlivní.

### 2.1 Specifika projektování kalíren

#### 2.1.1 Přípravné práce

Přípravné práce jsou prohloubením přípravné dokumentace, jejíž součástí je zpracování investičního úkolu. Rozsah těchto prací závisí na tom, zda jde o rekonstrukci, modernizaci či novou výstavbu a do jaké hloubky a přesnosti byly řešeny již při zpracování investičního úkolu. Jde-li o modernizaci objektu, je hlavní pozornost v této fázi soustředěna na kvalitní zpracování výhledového výrobního programu a rozbor dosavadního stavu.

Na stupni přesnosti vypracování výrobního programu závisí, do jaké míry bude projektovaný provoz tepelného zpracování po realizaci projektu odpovídat skutečné potřebě. Musí být proto snahou sestavit výrobní program s největší přesností a úplností. Výchozími údaji při zpracování výrobního programu jsou globální hodnoty, udané a schválené v investičním úkolu. Globální hodnoty by měly vždy obsahovat alespoň tyto údaje:

a/ celkovou hmotnost součástí tepelně zpracovaných [t/rok]

- b/ celkovou hmotnost součástí zpracovaných v jednotlivých tepelných operacích [t/rok]
- c/ největší a nejmenší hmotnost tepelně zpracovávaných součástí každé skupiny tepelných operací
- d/ největší a nejmenší rozměry součástí pro každou skupinu tepelných operací.

Výše uvedeným globálními hodnotám má odpovídat podrobný výrobní program. Výrobní program se rozvádí do takové hloubky, aby byl spolehlivou základnou pro zpracování úvodního projektu.

Při sestavování výrobního programu modernizovaného provozu tepelného zpracování vycházíme z nároků finální výroby závodů, které doplňujeme o nároky režijní, t. j. tepelné zpracování pro vlastní potřebu závodu /např. nástroje, údržbu atd./.

V rozboru dosavadního stavu je nutno se zaměřit na podrobné vyhodnocení jednotlivých technologických postupů, aby bylo možno posoudit a rozhodnout, které dosavadní postupy bude možno převzít, a které bude nutno nahradit novými, produktivnějšími. V rozboru je nutno se zaměřit na dosahované technologické výsledky ve srovnání s údaji hospodářskými. Znamená to, že je nutno podrobit ekonomickému rozboru i technologický postup, kterým se sice dosahuje požadovaných hodnot, avšak náklady jsou neúměrně vysoké. Při posuzování technologického postupu je nutno v neposlední řadě dbát na hygienu a bezpečnost práce. Příkladem je cementace v prášku. Přestože z technologického hlediska splňuje požadavky a z hlediska univerzálnosti je ze všech způsobů cementace nejvýhodnější, přece je z produktivních, hygienických a jiných důvodů nahrazována co nejvíce cementací v plynném prostředí. Pro vysoký rozvoj cementace v plynu byla kromě hospodářských důvodů rozhodující také sociální hlediska.

Důležitou otázkou při modernizaci kalírny je převzetí pecí a ostatních doplňujících strojů a zařízení. Zde se musí ve spolupráci s hlavním mechanikem velmi pečlivě uvážit, které pece jsou technologicky tak účelné a moderní, aby mohly být přemístěny. Pece, popřípadě jiná zařízení, je nutno tedy posuzovat nejen z hlediska mechanické zachovalosti a z finančního hlediska, ale rovněž z hlediska morální hodnoty. Často se stává, že pec nebo zařízení jsou velmi zchovalé, protože se jich málo používalo, avšak z hlediska mechanizace a produktivity jsou již zastaralé. Bylo by nesprávné taková zařízení přemísťovat do modernizované dílny.

Další závažnou složkou přípravných prací je zpracování technickohospodářských ukazatelů dosavadního provozu, se kterými je nutno porovnávat předpokládané výsledky projektované kalírny. Při modernizaci kalírny je nutno rovněž připravit výkresovou dokumentaci současného a navrhovaného stavu, a to jak z hlediska stavebního, tak i z hlediska technologického vybavení a energetických požadavků.

### 2.1.2 Práce na technologické části projektu

Dělíme na dvě části, a to na kapacitní výpočet a na výkresovou a textovou dokumentaci.

#### 2.1.2.1 Kapacitní výpočet

Kapacitním výpočtem stanovíme:

- počet jednotlivých druhů pecí, strojů a zařízení pro tepelné i pomocné operace
- počet dělníků
- potřebu materiálu

- potřebu energií
- velikost skladových ploch

### 2.1.2.2 Výkresová\_a\_textová\_dokumentace

Tuto složku tvoří dvě části dokumentace. První je dokumentace, která slouží jako podklad pro zpracování profesních částí projektu /t. j. stavební, energetické, ekonomické a rozpočtové/. Tato dokumentace je interní a není součástí konečného elaborátu technologického projektu. Druhá část je dokumentace, která tvoří oficiální dokumentaci. Tato se skládá z dílčích částí:

#### a/ technická\_zpráva

Obsahuje výchozí údaje a jiné technické a ekonomické údaje, nejsou-li v dostatečném rozsahu obsaženy na výkresech. Zpracovává se hlavně formou tabulek a grafů. Obsahuje zejména popis technologie výroby, základní údaje, charakteristiku a účel objektu, výrobní program, projektovanou kapacitu, potřebu hlavních surovin a energií, přehled zaměstnanců a směnnost, řešení manipulace s materiálem, velikost skladů a zásob, požadavky na dopravu, přehled ploch a popis opatření pro zajištění hygieny a bezpečnosti práce. Technická zpráva musí obsahovat dostačující podklady pro zpracování zprávy ekonomické.

#### b/ výkresová\_část

Technologické schéma obsahuje jednotlivé úseky technologického postupu v přehledném uspořádání podle toku materiálu, s vyznačením hlavních údajů o množství a hlavních parametrech vstupujících a vystupujících materiálů.

Dispozice strojů a zařízení obsahuje prostorové umístění strojů a zařízení jak z hlediska vzájemné polohy, tak i

ve vztahu k stavební konstrukci. Kreslí se zpravidla v měřítku 1:200 nebo 1:100 v půdorysech a nezbytných řezech.

### c/ seznam pecí, strojů a zařízení

Sestavuje se podle jednotlivých provozních souborů a tvoří specifikaci k rozpočtu. Obsahuje základní parametry jednotlivých jednotek, počet jednotek, hmotnost a cenu.

## 2.2 Zvláštnosti technologie tepelného zpracování

Volba technologie tepelného zpracování je závislá na chemickém složení zpracovávaného materiálu, na jeho výchozím a požadovaném konečném stavu, na tvaru součástí, hmotnosti, popřípadě dalších okolnostech.

Požadované změny struktur materiálu při tepelném zpracování nastanou pouze při relativně přesném dodržení předepsaných teplot ohřevu, výdrže na teplotě, rychlosti ochlazení a jiných podmínkách. Kvalita tepelného zpracování je proto dána možnostmi zařízení dodržet předepsaný technologický postup.

Pracovní prostředí je v kalírně nepříznivě ovlivňováno sálavým teplem z pecí a ohřivaného materiálu, výpary z lázní, různými chemikáliemi a plyny používanými k vytvoření akčních a ochranných atmosfér nebo plyny unikajícími z pecí. V kalírnách, které patří svým zařízením mezi tepelné provozy, je zvýšené nebezpečí úrazu popálením. Největší nebezpečí je při manipulaci se žhavým materiálem a práci se solnými lázněmi.

K zajištění správné kvality tepelného zpracování je nutná dobrá organizace technické kontroly, která musí identifikací vstupujícího materiálu zabránit záměnám a zajistit důslednou kontrolu vlastního materiálu po jeho tepelném zpracování.

### 2.3 Rozdělení kalíren

Při navrhování kalírny je rozhodující pro volbu určitého zařízení, uspořádání dílny a umístění kalírny v závodě, její výrobní náplň, která je dána druhem a množstvím tepelně zpracovávaných dílů.

Podle druhu zpracovávaných dílů lze rozlišit kalírny výkovků, odlitků, obráběných součástí, nářadí, které mohou být umístěny s ohledem na vazbu technologických postupů kalírny na ostatní výrobu, velikost kapacity a převládající operace tepelného zpracování jako samostatné dílny /centrální kalírna/, oddělení určitých dílen /oddělení kovárny/ nebo zařízení umístěná v lince.

Obecně lze kalírny rozdělit z hlediska velikosti kapacity na malé, střední a velké a z hlediska režimu práce na proces přetržitý /komorové, šachtové pece/ a nepřetržitý /průběžné agregáty/.

### 2.4 Zařízení kalíren

Zařízení kalíren a oddělení pro tepelné zpracování kovů se dělí dle ASSONOVA /1/ na základní a pomocné.

Základní zařízení se používá k technologickým operacím, působícím bezprostředně na zpracovávaný výrobek při změně jeho vlastností. Jsou to například pece, kalící nádr-

že, kalící lisy, kalící stroje, tryskače. K pomocnému zařízení patří dopravní zařízení, zařízení k přípravě řízených atmosfér, chladiče kalících tekutin, kontrolní přístroje ke kontrole a řízení teploty, přístroje k zajišťování výsledků tepelného zpracování.

#### 2.4.1 Pecě

Pecce jsou zařízení s uzavřeným a od okolního prostředí tepelně izolovaným pracovním prostorem, ve kterém se uskutečňuje přestup tepla na vsázku.

Nejrozšířenějším druhem pecí ve strojírenství jsou pece ohřívací, určené k ohřevu pevné vsázky. Za ohřívací pece se dále považují kelímkové a vanové pece s olejovými nebo solnými lázněmi, do kterých se ponořuje pevná vsázka.

Na volbu druhu pece mají vliv poměry při tepelném zpracování /závislost teploty na čase, přesnost řízení teploty, prostředí na ohřev a ochlazování/, výrobní program /množství a druh výrobků, druh výroby a její metody/, automatizace a mechanizace výroby a energetická základna.

Pecce se třídí podle různých znaků: podle způsobu vytápění, konstrukčního tvaru a podle účelu. Pro posuzování vhodnosti pece k určité operaci tepelného zpracování je vhodné rozdělení dle způsobu vytápění a konstrukčního tvaru.

Podle způsobu vytápění se pece dělí na dvě velké skupiny: plynové a elektrické.

##### 2.4.1.1 Pecce\_plynové

Plynové pece mají proti elektrickým pecím některé nedostatky. Je to zejména tvoření značného opalu, obtížnost



regulace a dosažení rovnoměrnosti teploty v celém průřezu pece, i potíže s odvodem spalin. Operace tepelného zpracování, které vyžadují atmosféru určitého složení není možno v plynových pecích obvyklé konstrukce dělat vůbec. Tyto nedostatky lze odstranit zavedením nepřímého topení pomocí sálových trubek nebo použitím mufle. Omezením pro použití jsou také bezpečnostní a hygienické podmínky, které při provozu plynových pecí nelze vždy dodržet. Plynové pece jsou většinou velkých rozměrů, konstruované a dodávané podle přání zákazníka.

#### 2.4.1.2 Pece elektrické

Elektrické pece pracují převážně s nepřímým odporovým ohřevem. Teplo vzniká průchodem elektrického proudu topnými odpory, které se rozžhají a předávají teplo ohřivanému materiálu. Převážná většina odporových pecí má topné odpory ve formě spirál nebo pásů. Pro teploty nad  $1350^{\circ}\text{C}$  se většinou používá nekovových odporových materiálů /grafit/.

Pece, pracující s roztavenými solemi, používají přímého odporového ohřevu elektrodami, ponořenými do soli. Elektrické odporové pece i solné lázně se vyrábějí v mnoha konstrukčních úpravách pro různé druhy použití.

Výhodou elektrických pecí je možnost zajistit přesnou regulaci teploty a rovnoměrnost ohřevu v celé vsázce. Jsou proto zvláště vhodné pro tepelné zpracování malých součástí. Použití ochranné atmosféry nevyžaduje velké konstrukční úpravy pece.

##### 2.4.1.2.1 Komorové pece

Nejstarší a dosud velmi rozšířené jsou komorové pece. Jsou to většinou nejjednodušší univerzální pece vhodné pro

většinu operací tepelného zpracování. Využívá se jich k ohřevu při žihání, kalení a k cementování v prášku. Pro popouštění je nutno použít komorovou pec s nuceným oběhem vzduchu. Určitou nevýhodou pro malé dílny je použití mechanizace, která je při vkládání a vyjímání vsázky omezena na použití vsázecího zařízení.

#### 2.4.1.2.2 Komorové\_pecce\_vozíkové

U vozových pecí je nistěj zhotovena jako vyjždějíčí vůz. Vůz pojíždí po kolejích a jeho pojezd je ručně nebo motorický.

Vozové pecce se uplatňují obdobně jako pecce komorové. Určitá nevýhoda je v tom, že vůz musí vyjet s teplou vsázkou z pecce ven, vsázkou je třeba složit z vozu a přemístit. Teprve potom naložit na vůz novou vsázkou. Přitom se teplo akumulované ve vyzdívice vozu ztrácí do okolí a navíc obtěžuje obsluhu. Proto je výhodnější jejich uplatnění při žihání, kdy vsázka chladne v pecce, než k ohřevu ke kalení, popř. cementaci.

#### 2.4.1.2.3 Šachtové\_pecce

Šachtové /hlubinné/ pecce jsou pecce s pracovním prostorem tvaru válce nebo hranolu, u nichž svislý rozměr pracovního prostoru převládá nad vodorovným a se vsázecím otvorem pro svislý směr vsázení shora. Pracovní prostor je nahoře uzavřen víkem a pro ohřev při popouštění jsou k zajištění nuceného oběhu vzduchu doplněny ventilátorem, zabudovaným do dna nebo víka pecce. Materiál se vsazuje do pecce buď v koších nebo v přípravcích za použití jeřábu.

Jsou vhodné zvláště pro kalení, normalizační žihání s nuceným oběhem vzduchu k popouštění, popř. předehřívání a pro tepelné zpracování lehkých slitin.

Samostatnou skupinu šachtových pecí tvoří pece určené pro cementování v plynu, dříve typ Monocarb nyní RSHZM. Liší se od běžných šachtových pecí provedením pracovního prostoru, který je plynotěsně uzavřen a jsou vybaveny ventilátorem pro nucený oběh nahličující atmosféry.

#### 2.4.1.2.4 Průběžné pece

V průběžných pecích je vsázka dopravována pracovním prostorem za pracovního chodu pece, a to stále v jednom smyslu dopravního pohybu. Podle způsobu dopravy součástí se dělí na pece tunelové, krokové, karuselové, střásací, bubnové a dopravníkové.

V současné době jsou používány téměř pro všechny operace tepelného zpracování. Velkou výhodou je možnost nastavení všech potřebných parametrů tepelného cyklu: čas, resp. rychlost průchodu agregátem, teplota, ochranná atmosféra apod.

Jejich použití je efektivní v sériové a hromadné výrobě, protože jde-li u nižších typů výrob o vsázku rozdílnou v materiálu, hmotnosti a velikosti jednotlivých kusů, je pro soustavné změny v nastavování průběhu teplot kontinuální provoz nevýhodný.

#### 2.4.2 Kalící nádrže

Neoddělitelnou součástí každé kalírny jsou kalící lázně, jejichž prostřednictvím se má dosáhnout žádané ochlazo-

vací rychlosti. Pro kalici lázně se používá různých typů nádrží, jejichž provedení závisí na velikosti, tvaru a materiálu součástí a na požadovaných výsledcích tepelného zpracování. Mohou být s oběhem i bez oběhu kalici tekutiny, s chlazením kalici tekutiny přímo v nádrži nebo ve zvláštních chladičích, s pomůckami pro individuální nebo místní kalení výrobků nebo bez těchto pomůcek.

Nádrže je možno rozdělit na dvě skupiny: nádrže pro cyklické kalení a nádrže průběžné.

Nádrži pro cyklické kalení se používá u pecí pracujících cyklicky, tedy u pecí komorových, vozových, šachtových a jsou typizovaně vyráběny pro jednotlivé typy pecí. Průběžných nádrží se používá u pecí pracujících kontinuálně, kdy jsou vhodným způsobem mechanizovány.

#### 2.4.3 Vyvíječe řízených atmosfér

Druh vhodné atmosféry závisí zejména na chemickém složení kovu, použité teplotě a výsledku, který je předepsán technologickým postupem. Řízené atmosféry jsou vyráběny v zařízeních, která zajistí požadované složení a dostatečnou dodávku. Dle principu výroby a výsledné atmosféry jsou to štěpiče, endotermické a exotermické vyvíječe. K vlastním vyvíječům a štěpičům jsou ještě potřeba zásobníky výchozích látek - palivových plynů a další zařízení, jejich použití vychází z funkčních, technologických a bezpečnostních požadavků.

#### 2.4.4 Dopravní a manipulační zařízení

Dopravní a manipulační mechanizační zařízení má být pokud možno jednoduché a přitom má splňovat požadavky na něj kladené.

Doprava jeřáby v kalírně je vhodná pro kusovou výrobu a zpracovávané součásti značné kusové hmotnosti. Do jeřábové dopravy se zahrnují též elektrické nebo ruční kladkostroje, určené převážně pro lehčí součásti. Jeřáby v kalírně jsou převážně kalící v menší míře pouze dopravní. Dle konstrukce je lze rozdělit na mostové a sloupové s otočným výložníkem, který je otočný buď ručně nebo elektricky. Kalící jeřáby mají mít velkou spouštěcí rychlost, regulovatelnou v širokém rozmezí. Jsou ovládány buď z kabiny umístěné na mostu jeřábu nebo dálkově. Způsob řešení závisí na velikosti jeřábu a dispozičním řešení kalírny.

Pro volbu typu jeřábu je určující uspořádání zařízení v kalírně, její velikost, způsob práce a hmotnost vsázky.

Ve vysoce mechanizovaných kalírnách se ke spojování jednotlivých pecí a zařízení používají dopravníky pásové, článkové, válečkové nebo závěsné, aby se vytvořil kompaktní celek.

Pro pozemní dopravu jsou nejvhodnější různé typy elektrických dopravních vozíků.

## 2.5 Technologie provozovaných výrobních procesů

### 2.5.1 Teplné operace

*depe klasifikace*

#### 2.5.1.1 Žihání

Žihání je pochod, při kterém dochází k ohřevu na žihací teplotu volenou vzhledem k cíli, jehož má být dosaženo, výdrž na teplotě nebo kolísání kolem této teploty a další zpravidla pomalé ochlazování podle předepsaného postupu. Žihání směřuje k přiblížení se k rovnovážnému stavu, což umožňuje malá rychlost změn teploty.

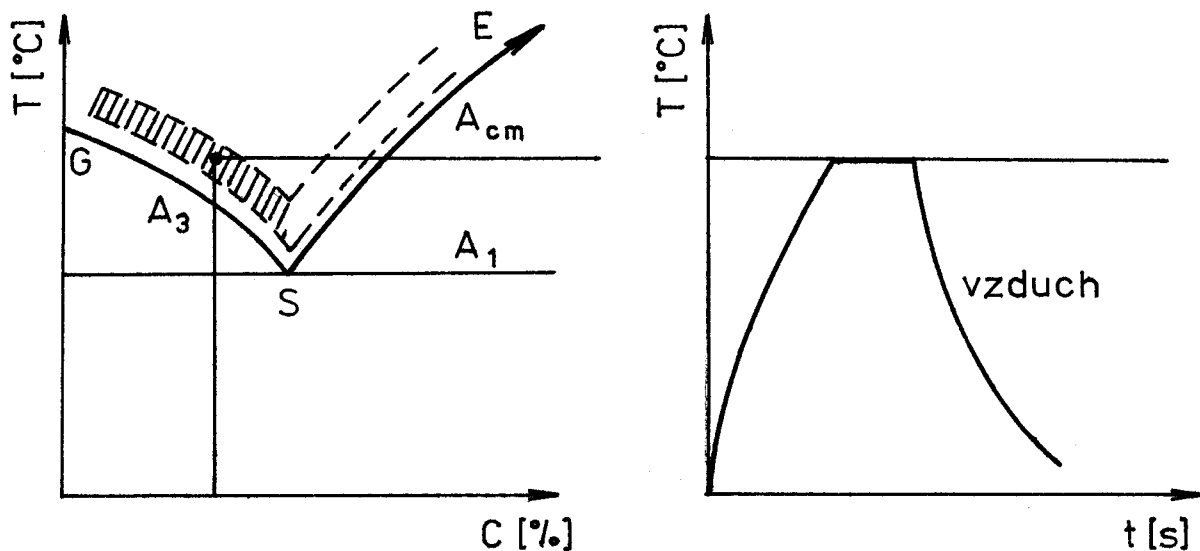
##### 2.5.1.1.1 Normalizační žihání

Jedná se o ohřev na teplotu o 30 až 50° C vyšší než  $A_{c3}$ , popř.  $A_{cm}$  /nadeutektoidní oceli se zpravidla normalizačně nežihají/, výdrž k vyrovnání teploty v celém průřezu a následné ochlazování na klidném vzduchu. Účelem je dosáhnout úplné překrytalizace a tím i nového jemného a rovnoměrného austenitického zrna v celém průřezu, při ochlazování dosáhnout jemnozrné a rovnoměrné struktury, tvořené obvykle směsí feritu a perlitu. U ocelí s vyšším obsahem uhlíku nebo legujících prvků se při ochlazování na vzduchu vytvářejí struktury smíšené. Zjemnění zrna při normalizaci je způsobeno překrytalizací a je proto tím větší, čím rychlejší byl ohřev na normalizační teplotu a čím rychlejší bylo ochlazení.

Součásti se obvykle zakládají do vyhřáté pece. Ohřev může být dosti rychlý, je třeba dbát, aby byl v celé vsázce rovnoměrný. Výdrž se volí co nejkratší, aby se předešlo zhrubnutí zrna. Ochlazuje se na klidném vzduchu tak, aby

ochlazování probíhalo u všech součástí stejně rychle a rovnoměrně. Rychlost ochlazování určuje dosažené mechanické vlastnosti.

K normalizaci lze použít všech druhů pecí, vzhledem k požadavku rychlého ohřevu a ochlazování na vzduchu jsou vhodné pece kalici, lze však použít i pecí komorových vozíkových. Nejrovnoměrnejších výsledků se dosahuje u pecí průběžných.



Obr.č.1 Normalizační žíhání

#### 2.5.1.1.2 Žíhání na měkko

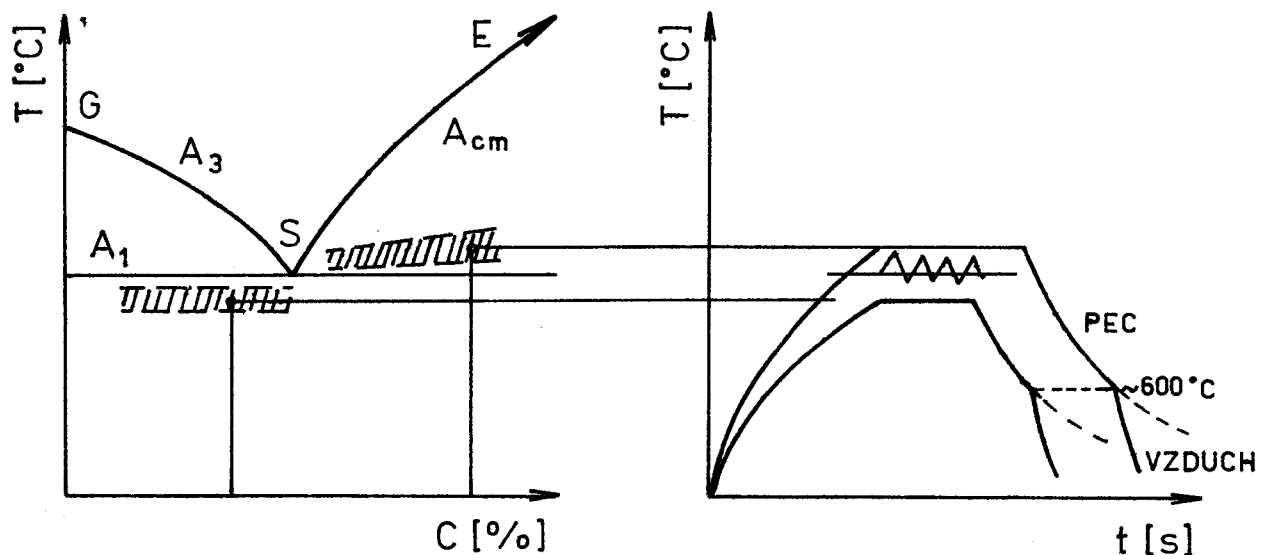
Jedná se o ohřev součástí na teplotu těsně pod  $A_{c1}$  nebo nad  $A_{c1}$ , v určitých případech kolísání kolem  $A_{c1}$ , následující výdrž na teplotě a pomalé ochlazení.

Účelem je výdrží na žíhací teplotě a pomalým ochlazením převést lamelární perlit na perlit globulární a tím získat struktury s nižší pevností, dobrou obrobitelností a snížit vnitřní pnutí. Nedojde-li při pouhé výdrží a ochlazení v dostatečné míře ke globulizaci perlitu, používá se

u menších kusů a malých vsázek kolísající teploty. Ferit a sekundární cementit zůstává při žihání na měkko beze změny. Rovněž velikost zrna se nemění.

Aby se dosáhlo co nejrovnoměrnějšího rozložení teploty, provádí se ohřev dostatečně pomalu. Součásti se zakládají do studené nebo mírně vyhřáté pece, která se zaplňuje tak, aby se co nejlépe využilo ložného prostoru. Rychlost ohřevu je dána příkonem pece a množstvím vsázky. I když teplota není příliš vysoká, je nutno při zakládání pamatovat na zabránění vzniku deformací. Po prohřátí následuje výdrž a ochlazování v uzavřené peci, popřípadě s mírným dotápením ke zpomalení rychlosti ochlazování.

Z důvodu rovnoměrného rozložení teploty v celé vsázce a jejího stejnoměrného ochlazování jsou nejvhodnější malé pece, nejlépe vozové. Je možno též použít pecí komorových.



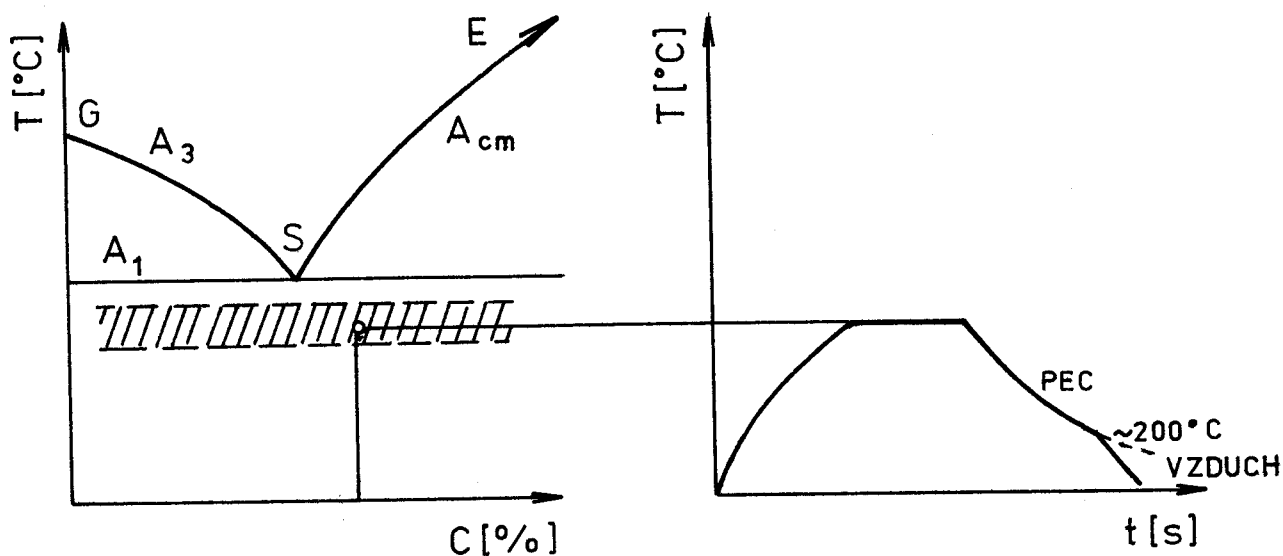
Obr. č. 2 Žihání na měkko



### 2.5.1.1.3 Žihání na odstranění pnutí

Žihání na odstranění pnutí je obvykle pomalý ohřev pod teplotu  $A_{c_1}$  /asi 500 až 650° C/, kdy během výdrže na teplotě dojde k relaxaci vnitřních pnutí místní plasticitou deformací bez záměrné změny struktury a bez podstatných změn původních vlastností oceli. Aby při ochlazování nevznikla nová pnutí, je nutno volit co nejmenší rychlost ochlazování.

Součásti se zakládají do studených pecí a ohřívají se poměrně pomalu a rovnoměrně, proto je nejvhodnější používat pecí s nuceným oběhem vzduchu. Doba výdrže na teplotě závisí na velikosti vsázky a na průřezu součásti. Dobu výdrže a rychlost ochlazování udává KRÁSNÝ [2]. Teoreticky stačí výdrž 2 hodiny, v praxi se používá i delších výdrží asi 4 hodiny. Ochladuje se v uzavřené peci a rychlost ochlazování se má pohybovat kolem 20° C za hodinu do teploty 250 až 200° C, pak se může rychlost ochlazování zvýšit.



Obr. č. 3 Žihání na odstranění pnutí