

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE Č. 1

TECHNOLOGICKÝ POSTUP TZ – Kombinované studium

NÁZEV: Disk

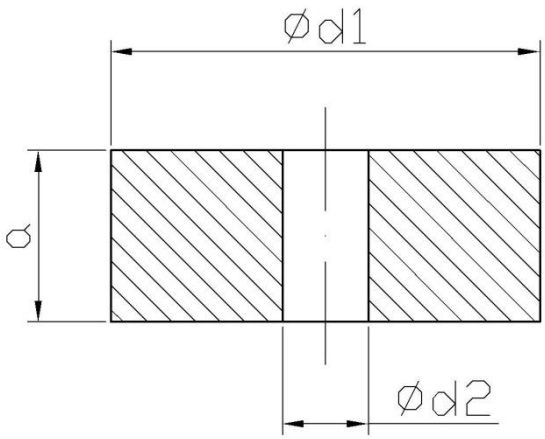
Požadavky na TZ: Proveďte žíhání na měkko

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: 15NiCr6 (ČSN 16 220)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1) Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2) Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3) Charakteristika použitého materiálu
4) Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5) Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6) Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7) Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8) Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	150
d1	800
d2	200

NÁZEV: Svařenec

Požadavky na TZ:

Proveďte žíhání na snížení pnutí

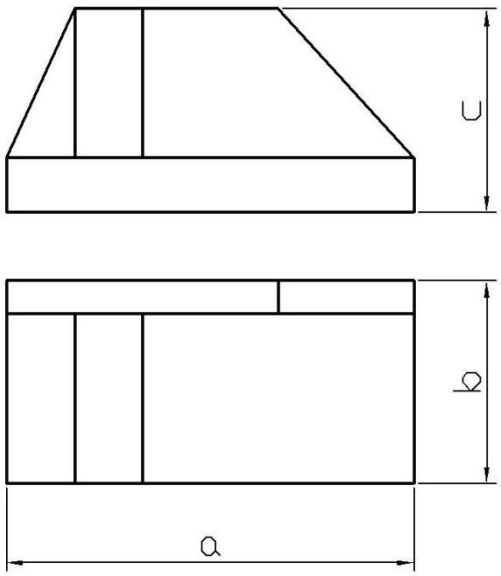
Velikost zařízení pro TZ:

Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: S 235JR (ČSN 11375)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1) Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2) Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3) Charakteristika použitého materiálu
4) Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5) Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6) Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7) Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8) Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	300
b	200
c	120

NÁZEV: Upínací přípravek

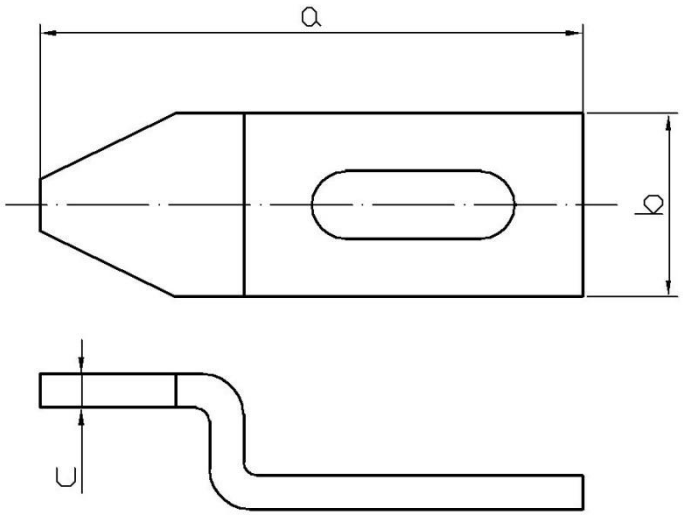
Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na Rm min 750 MPa

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: C 35 (ČSN 12040)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1) Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2) Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3) Charakteristika použitého materiálu
4) Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5) Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6) Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7) Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8) Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	450
b	200
u	20

NÁZEV: Vyvrtávací tyč

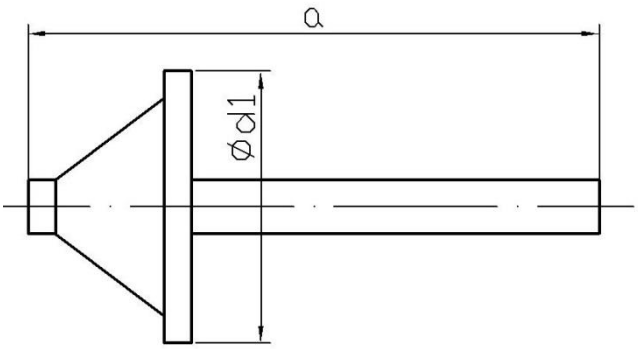
Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na Rm min 800 MPa

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: C45 (ČSN 12050)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1) Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2) Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3) Charakteristika použitého materiálu
4) Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5) Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6) Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7) Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8) Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	350
d1	100

NÁZEV: Základová deska

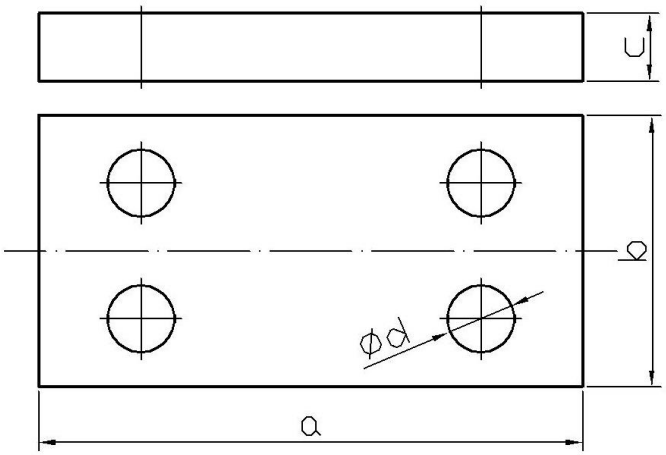
Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na tvrdost 290 HB

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: 28Mn6 (ČSN 13141)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1) Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2) Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3) Charakteristika použitého materiálu
4) Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5) Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6) Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7) Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8) Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	800
b	600
c	20
d	40

NÁZEV: Hřídel

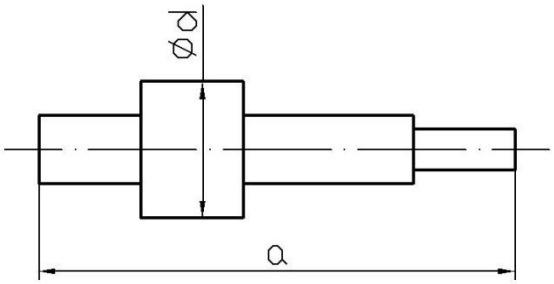
Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na Rm min 1200MPa

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: 25CrMo4 (ČSN 15 131)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1. Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2. Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3. Charakteristika použitého materiálu
4. Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5. Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6. Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7. Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8. Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	600
d	100

NÁZEV: Ozubené kolo

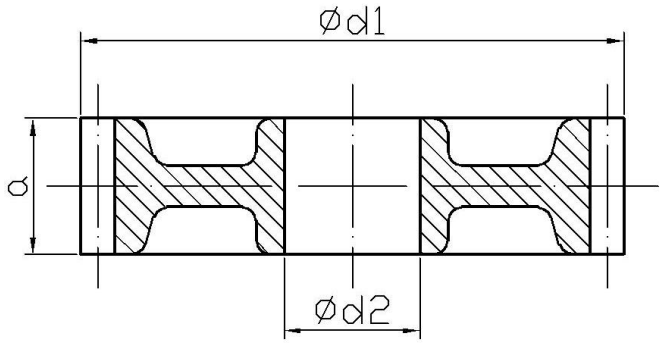
Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na tvrdost 330 HB

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: 41CrMo4 (ČSN 15 142)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1. Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2. Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3. Charakteristika použitého materiálu
4. Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5. Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6. Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7. Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8. Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	40
d1	300
d2	75

NÁZEV: Hák

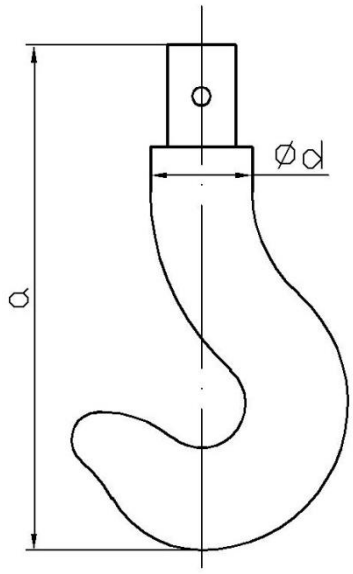
Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na Rm min 1300MPa, tvrdost 350 HB

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: 50CrV4 (ČSN 15 260)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1) Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2) Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3) Charakteristika použitého materiálu
4) Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5) Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6) Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7) Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8) Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	400
d1	25

NÁZEV: Dutý hřídel

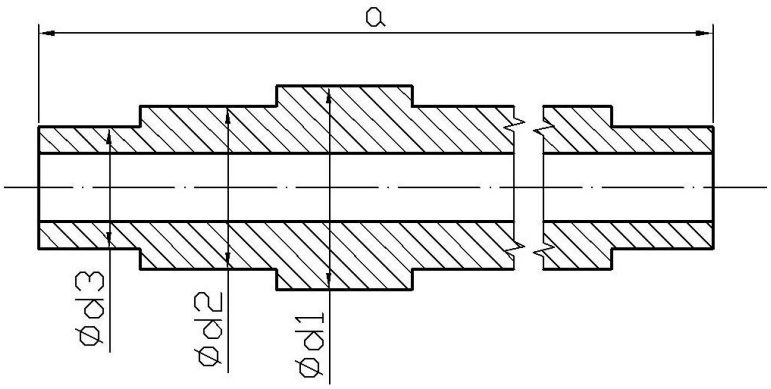
Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na Rm min 1350MPa

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: 36CrNiMo4 (ČSN 16 341)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1) Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2) Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3) Charakteristika použitého materiálu
4) Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5) Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6) Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7) Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8) Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	750
d1	100
d2	80
d3	60

NÁZEV: Kotouč

Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na tvrdost 320 HB

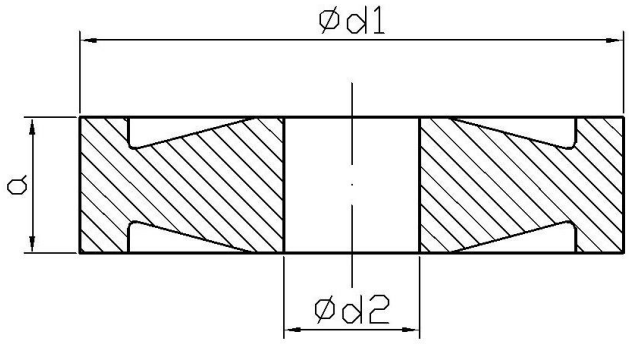
Velikost zařízení pro TZ:

Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: 36CrNiMo4 (ČSN 16 341)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1) Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2) Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3) Charakteristika použitého materiálu
4) Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5) Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6) Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7) Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8) Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	40
d1	200
d2	80

NÁZEV: Článek řetězu

Požadavky na TZ:

Proveďte cemetnaci na Rm jádra min 850 MPa, tloušťka cementační vrstvy 0,2 mm tvrdost 800HV

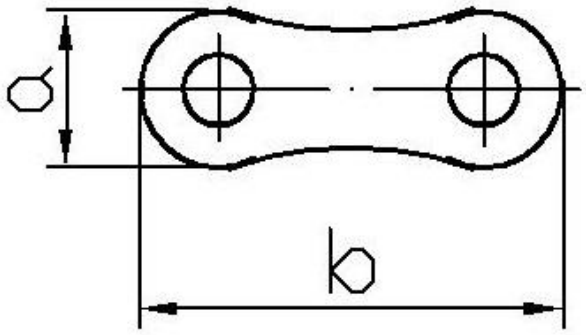
Velikost zařízení pro TZ:

Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: 16MnCr5 (ČSN 14 220)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1) Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2) Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3) Charakteristika použitého materiálu
4) Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5) Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6) Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7) Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8) Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	10
b	30

NÁZEV: Ozubené kolo

Požadavky na TZ:

Proveďte cemetnaci na Rm jádra min 1000 MPa, tloušťka cementační vrstvy 1,8 mm tvrdost 60 HRC

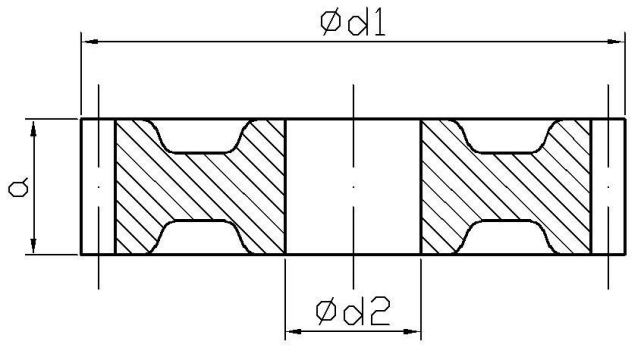
Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: 15NiCr6 (ČSN 16 220)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1) Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2) Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3) Charakteristika použitého materiálu
4) Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5) Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6) Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7) Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8) Vyplněný postupkový list

9)



Kóta	Rozměry
a	30
d1	400
d2	30

NÁZEV: Přítlačný kotouč

Požadavky na TZ:

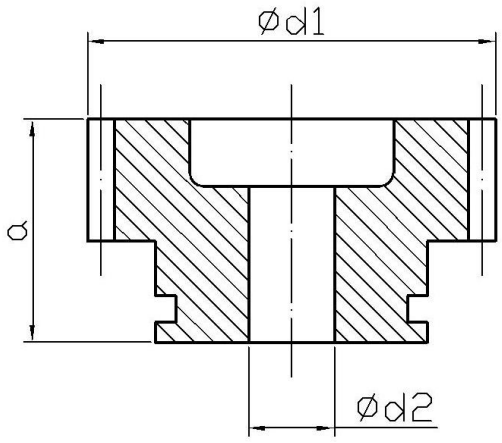
Proveďte cemetnaci na Rm jádra min 950 MPa, tloušťka cementační vrstvy 1,0mm, tvrdost 59 HRC

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: 16MnCr5 (ČSN 14 220)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1) Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2) Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3) Charakteristika použitého materiálu
4) Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5) Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6) Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7) Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8) Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	100
d1	350
d2	20

NÁZEV: Nůž na stříhání

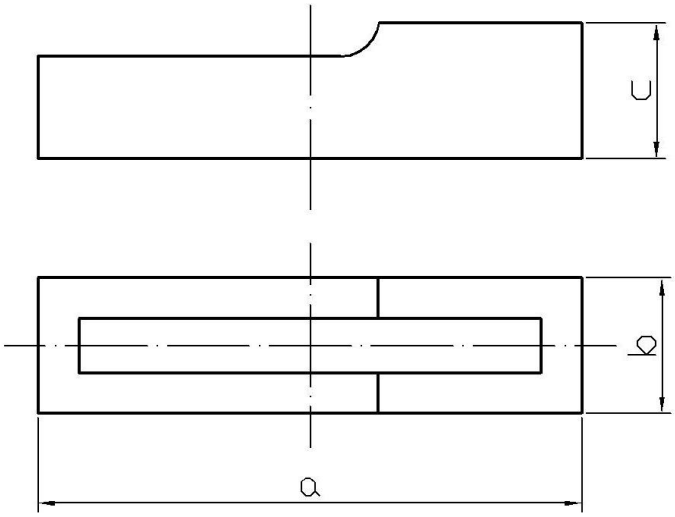
Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na, tvrdost 56 HRC

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: X210CrW12-1 (ČSN 19 437)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1. Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2. Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3. Charakteristika použitého materiálu
4. Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5. Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6. Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7. Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8. Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	350
d1	40
d2	40

NÁZEV: Tepelné zpracování střižnice

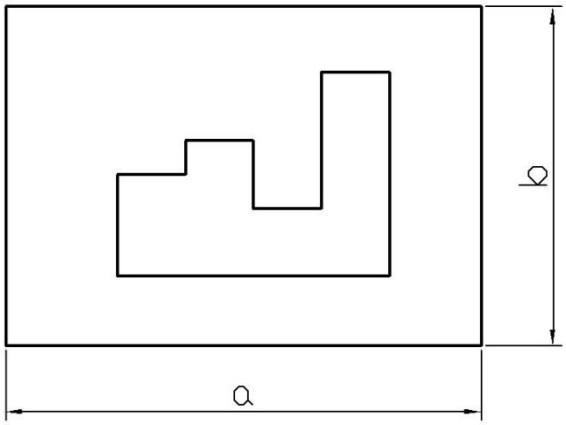
Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na, tvrdost 60 HRC

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: C120U (ČSN 19 221)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1. Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2. Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3. Charakteristika použitého materiálu
4. Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5. Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6. Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7. Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8. Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	400
b	400

NÁZEV: Tepelné zpracování střižníku

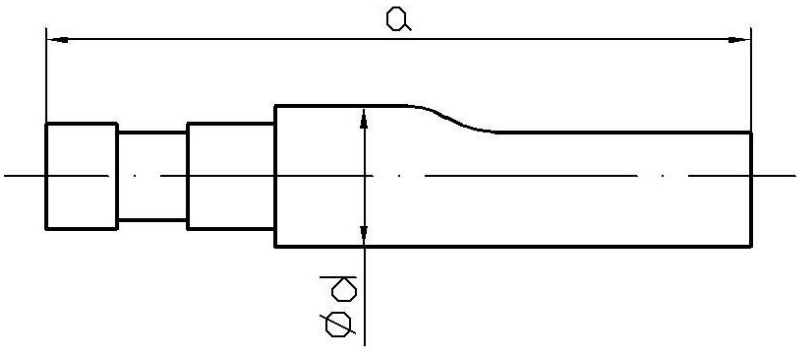
Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na, tvrdost 60 HRC

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: C120U (ČSN 19 221)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1. Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2. Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3. Charakteristika použitého materiálu
4. Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5. Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6. Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7. Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8. Vyplněný postupkový list



Kóta	Rozměry
a	500
d	35

NÁZEV: Tepelné zpracování vložky

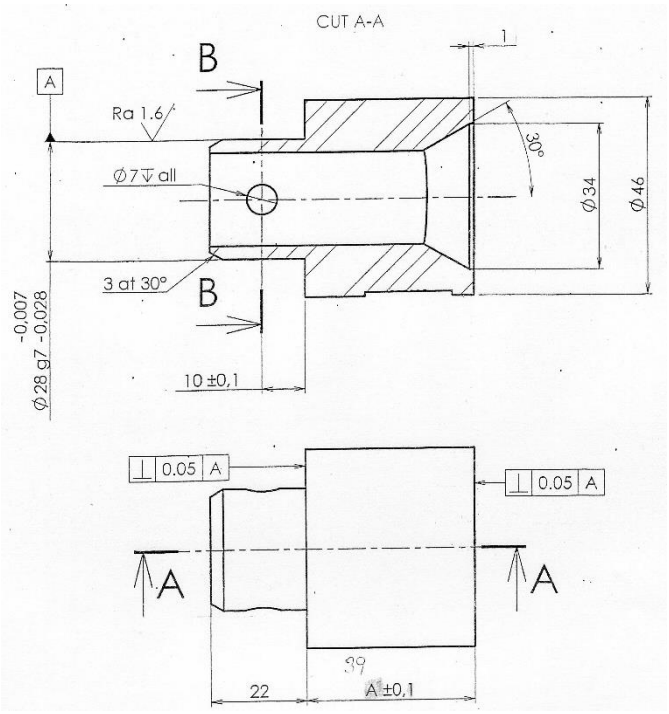
Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na, tvrdost 51 až 55 HRC

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: 40CrMnMo8-6 (ČSN 19 520)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1. Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2. Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3. Charakteristika použitého materiálu
4. Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5. Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6. Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7. Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8. Vyplněný postupkový list



NÁZEV: Tepelné zpracování podložky

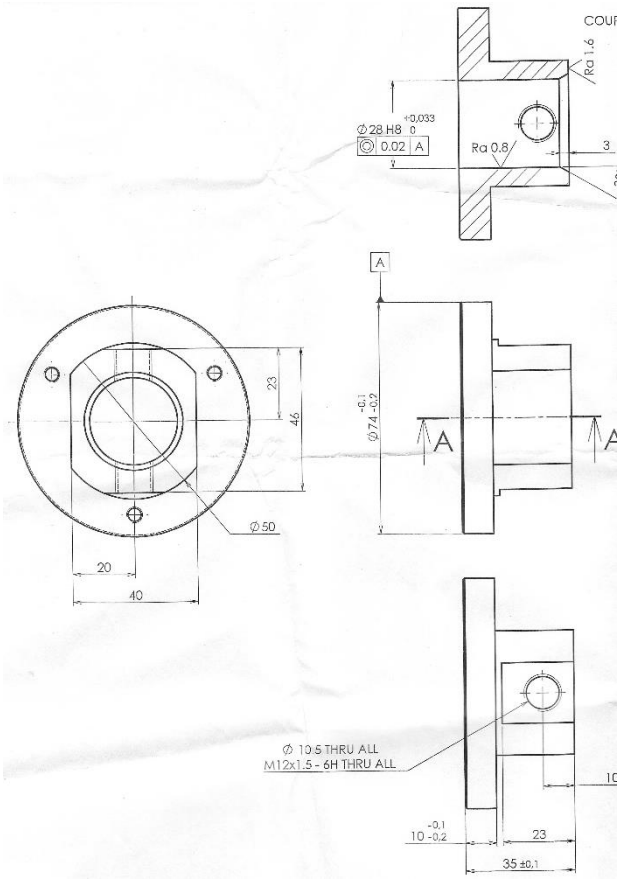
Požadavky na TZ: Proveďte zušlechtění na, tvrdost 51 až 55 HRC

Velikost zařízení pro TZ: Vyberte vhodné zařízení, uveďte jeho výhody, nevýhody a při jakých podmínkách je vhodné jej využít

Materiál: 40CrMnMo8-6 (ČSN 19 520)

ÚKOL: Předepište kompletní technologii tepelného zpracování zadané součásti

1. Účel tepelného zpracování z hlediska předpokládaných provozních požadavků
2. Posouzení vhodnosti konstrukce, volby materiálu a polotovaru
3. Charakteristika použitého materiálu
4. Volba druhů tepelných zpracování a jejich tepelných režimů
5. Postavení jednotlivých technologií tepelných zpracování ve výrobním cyklu
6. Popis návrhu potřebných výrobních zařízení event. přípravků
7. Předpokládané výsledné hodnoty a způsob jejich kontroly
8. Vyplněný postupkový list
9.





Název předmětu: TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ A PRÁŠKOVÁ METALURGIE

Název semestrální práce: TECHNOLOGICKÝ POSTUP

JMÉNO A PŘÍJMENÍ:

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ A SLINOVÁNÍ – Kombinované studium

Laboratorní práce č. 1: Kontrola vstupního materiálu

Jméno a příjmení:

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Proveďte kontrolu základních parametrů dodaného materiálu

1. Upravte povrch dodaného materiálu tak, aby bylo možné změřit tvrdost HBW
    a. *Proveďte v místnosti UF108*
2. Proveďte měření tvrdosti HBW
    a. *Proveďte v místnosti UU 006 (tři vtisky)*
3. Převeďte hodnotu HBW na hodnotu meze pevnosti
    a. *Postupujte dle příslušné normy event.. využijte: https://www.gordonengland.co.uk/hardness/hardness_conversion_1c.htm*
4. Proveďte metalografický výbrus (podélný nebo příčný)
    a. *Proveďte v místnosti UF108, 110, 112, 118*
5. Pozorujte a dokumentujte mikrostrukturu materiálu (celková mikrostruktura, fázové složení, přítomnost vměstků apod.)
    a. *Proveďte v místnosti UF114 na mikroskopu NIKON.*
6. Mikrostrukturu schematicky zakreslete do rámečku o velikosti 50mm x 50mm
7. Diskuse výsledků a srovnání s normou ČSN EN (příslušné technické dodací podmínky). Zde proveďte stručnou rešerši TDP dané oceli. Jaké požadavky jsou povinné a jaké volitelné (jakou jednotlivé požadavky hrají roli).
    a. *Přístup k příslušné normě naleznete v knihovně ZČU. Vždy je nutné hledat termín: „technické dodací podmínky" příslušné kategorie ocelí (nástrojových, k zušlechťování atd.)*
8. Závěr
    a. *Zde uveďte tvrdost, mikrostrukturu, pevnost. Uveďte číslo normy TDP. Uveďte možné dodávané stavy příslušné oceli (normalizačně žíhaná, žíhaná na měkko atd.). Toto opět uvádí příslušná norma.*

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ A SLINOVÁNÍ – Kombinované studium

Zadání laboratorní práce č. 2: Tepelné zpracování zadané oceli

Jméno a příjmení:

1. Proveďte tepelné zpracování oceli …….. podle zadaných požadavků (normalizační žíhání, žíhání na měkko, kalení, kalení + popouštění ……°C). Vždy bude specifikováno u jednotlivce.
    a. *Proveďte v laboratoři TZ – UU006*
2. Vyhodnoťte příslušné mikrostruktury a přiřaďte k režimu TZ.
3. Proveďte měření tvrdosti dle HRC, event.. HBW
4. Závěr
    a. *Zde uveďte graf TZ (teplota přibližně povrchu, jádra a pece), prostředí pro ochlazování. Jaké struktury a tvrdosti bylo tímto TZ dosaženo.*

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ A SLINOVÁNÍ – Kombinované studium

Laboratorní práce č. 3: Zkoušky prokalitelnosti

Jméno a příjmení:

1. Zjistěte potřebné údaje zadané oceli (chemické složení, teploty přeměn, doporučené tepelné zpracování)
2. Vypočtěte teploty přeměn a ideální prokalitelný průměr podle parametrických rovnic
3. V programu STECAL zjistěte hodnoty tvrdosti v průběhu tyče. Z těchto hodnot vypočtěte D_I a D_K pro olej a vodu.
4. Popište změnu mikrostruktury na zadaných snímcích příslušné oceli.
    a. *Toto bude zadáno vždy pro každého studenta samostatně.*
5. Pro příslušné mikrostruktury zakreslete ochlazovací křivky do diagramu ARA
6. Závěr – zde shrňte podstatné poznatky pro praxi do 5 základních bodů

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ A SLINOVÁNÍ – Kombinované studium

Laboratorní práce č. 4: Cementace dle zadaných parametrů

Jméno a příjmení:

1) Označte obdržené vzorky a precizně očistěte.
2) Proveďte cementaci v prášku u zadaného materiálu *(C15, 15NiCr13, 16MnCr5).* Cementujte při zadané teplotě (***890, 910°C, 930°C).*** Doba cementace ***4*** hodin (k tomu připočtěte čas prohřevu 1,5 hodiny.
3) Zvolte vhodnou kalící teplotu, kalící prostředí a proveďte kalení. Vše zdůvodněte.
4) Proveďte vyhodnocení příslušné vrstvy a jádra – metalograficky, měřením mikrotvrdosti.
5) Výsledky vyneste do grafu, popište mikrostrukturu.
    a) *Mikrostrukturu vrstvy a jádra schematicky zakreslete do rámečku o velikosti 50mm x 50mm*
6) **<u>S využitím výsledků vašich kolegů proveďte diskusi výsledků!</u>**
    a) Proveďte porovnání tlouštěk vrstev, pevností jádra apod.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ A SLINOVÁNÍ – Kombinované studium

Laboratorní práce č. 5: vytvrzování hliníkových slitin

Jméno a příjmení:

Zadání:

1) U hliníkové slitiny (bude zadána individuálně) proveďte TZ dle zadaných parametrů. Přehledně vypracujte program experimentu.

2) Proveďte měření tvrdosti.

3) Výsledky uveďte do grafu.

4) Závěr - proveďte diskusi výsledků. Zahrňte výsledky i ostatních studentů.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ A SLINOVÁNÍ –Kombinované studium

Laboratorní práce č. 6: kontrola kalících médií

Jméno a příjmení:

Zadání: Pro zadaný kalící olej proveďte potřebná měření pro získání ochlazovací křivky a dalších parametrů zadaných v příloze. Měření proveďte pro teploty: RT, 50°C, 70°C. Vyplňte tabulku dle získaných hodnot. Příslušný olej krátce charakterizujte.

Označení oleje					
Označení testu			**Testovací teplota**		
Čas ochlazování v sec					
Do 600°C					
Do 400°C					
Do 200°C					
Rychlost ochlazování CR					
Cr_{max}					
Teplota $CR_{max:}$					
CR_{550}°C					
CR_{300}°C					

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ A SLINOVÁNÍ – Kombinované studium

Podklady pro laboratorní práci č. 7: Teorie žíhání a zušlechťování

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Průvodka práce

Tabulka 1

Převzato	Průvodka práce č.	Zakáz. čís.
10. 3. 1962	156/62	86 649/62/V

Postup tepelného zpracování
T 50 – 1738.04

Počet součástí	Váha	Materiál	Předpis jakosti
250	465 kg	11 600.0	HB 170–210

Provedení

pol.	Popis práce	Zařízení	Provedl
1	Normalizační žíhání 850–870 °C	13	11. 3. 62
2	Pískování	62	11. 3. 62
3	Kontrola povrchu a tvaru	–	11. 3. 62
4	Kontrola jakosti	84	12. 3. 62
5			
6	Termín předání	–	13. 3. 62

Výsledek OTK

Počet součástí	Váha	K opravě	Počet zmetků
250	465 kg	–	–

Předáno

Počet součástí	Před. list číslo:	Středisko	Datum
250	630/62	514	13. 3. 62

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

jejího cementitu, který se pak těžko rozpadá. V takovém případě nutno odlitky žíhat při teplotě nad 1000 °C a dobu žíhání přiměřeně zkrátit. Poněvadž se při feritizačním žíhání vylučuje v odlitku objemnější grafit, odlitek narůstá.

3.1 Žíhání ocelových odlitků

Na mnohé strojní součásti se používá odlitků jak z uhlíkových, tak i slitinových ocelí. Z uhlíkových ocelí se nejčastěji uplatňují oceli s nízkým obsahem uhlíku. Z ocelí slitinových se nejvíce používá ocelí s přísadou chrómu, niklu nebo manganu.

Strojní součásti mívají po odlití hrubou licí (Widmannstättenovu) strukturu a vykazují chemickou heterogenitu ve formě pásmového odmíšení. Vlivem nestejnoměrného tuhnutí a ochlazování mívá odlitek též vysoká vnitřní pnutí. Jeho pevnost, ale hlavně houževnatost, bývá nižší a také obrobitelnost někdy činí potíže. K odstranění těchto závad a ke zlepšení celkové jakosti se ocelové odlitky většinou ještě dále tepelně zpracovávají různým způsobem, a to podle účelu použití a rozsahu provozního namáhání odlitku.

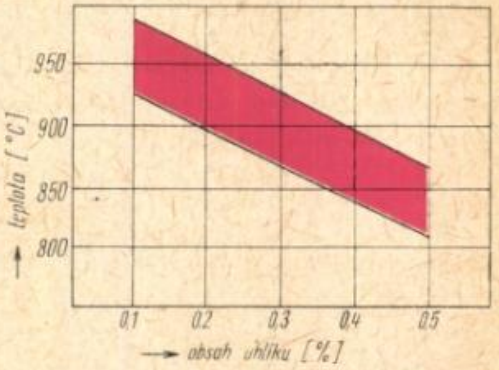
Difúzní žíhání při teplotách 900 až 1200 °C po dobu 2 až 15 hodin je základem tepelného zpracování ocelových odlitků, zvláště odlitků vyráběných ze slitinových ocelí. Hlavním účelem difúzního žíhání ocelových odlitků bývá odstranění chemické heterogenity, tj. vyrovnání místních rozdílů v chemickém složení.

Ocelové odlitky se nejčastěji žíhají ve velkých vozíkových pecích vytápěných plynem. Odlitky se rozmísťují tak, aby bylo zaručeno jejich rovnoměrné prohřívání. Velké a hmotné odlitky se ukládají na příčné nosníky tak, aby pecní atmosféra mohla kolem nich volně proudit. Malé a méně hmotné odlitky se umísťují do středního prostoru pece.

Rychlost ohřevu může být větší. Pouze u velkých a složitých odlitků bývá prohřívání pozvolnější a ještě se při teplotě asi 400 až 450 °C a 650 až 700 °C zařazuje prodleva k lepšímu vyrovnání teploty v celém průřezu odlitku. Tím se dosáhne stejnoměrnější překrystalizace.

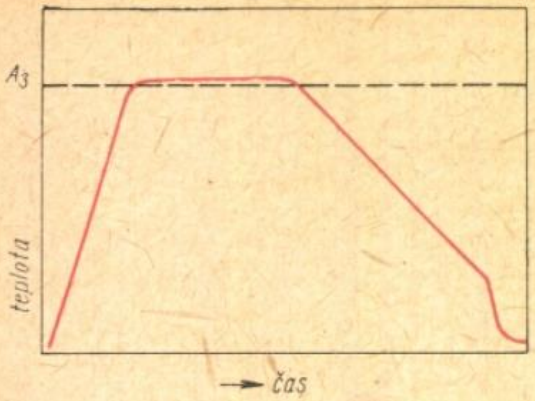
Při difúzním žíhání však zrno ještě dále hrubne a odlitek křehne. Proto difúzní žíhání nebývá konečnou operací tepelného zpracování ocelových odlitků a zpravidla po něm následuje ještě normalizační žíhání.

Normalizačního žíhání ocelových odlitků se používá hlavně ke zjemnění zrna. Odstraní se jím nevýhodné zhrubnutí zrna po difúzním žíhání odlitků. Teploty normalizačního žíhání závisí hlavně na chemickém složení ocelových odlitků a bývají u uhlíkových ocelí asi o 100 °C a u slitinových ocelí až o 150 °C vyšší *(obr. 5)*, než je jejich překrystalizační teplota Ac_3. Po dosažené austenitizaci se odlitky z uhlíkových ocelí prohřívají ještě asi 1 hodinu na každých 25 mm tloušťky stěny. U slitinových ocelí bývají doby prohřívání ještě delší. U odlitků, které nebyly předem difúzně žíhány, bývá prohřívání nejdelší. Austenitizované odlitky se při normalizačním žíhání vyjmou z pece a ochlazují se na klidném vzduchu. Dosáhne se tím zjemnění zrna, zvýšení pevnosti i houževnatosti. Je třeba zdůraznit, že by se zásadně měly normalizačně žíhat všechny ocelové odlitky, i když se nežíhají difúzně. Pouze u méně důležitých odlitků může být případ od případu po praktickém ověření od normalizačního žíhání upuštěno. U složitých odlitků je při normalizačním žíhání v důsledku nestejnoměrného chladnutí stěn o různé tloušťce ohrožena jejich tvarová stabilita. Proto se složité odlitky pokud jsou ještě 400 až 500 °C teplé, znovu zakládají do pece a žíhají se k odstranění vnitřních pnutí při teplotě 550 až 650 °C po dobu 2 až 4 hodin. Odlitky zbavené vnitřního



Obr. 5. Závislost teploty normalizačního žíhání na obsahu C u odlitků z uhlíkových ocelí

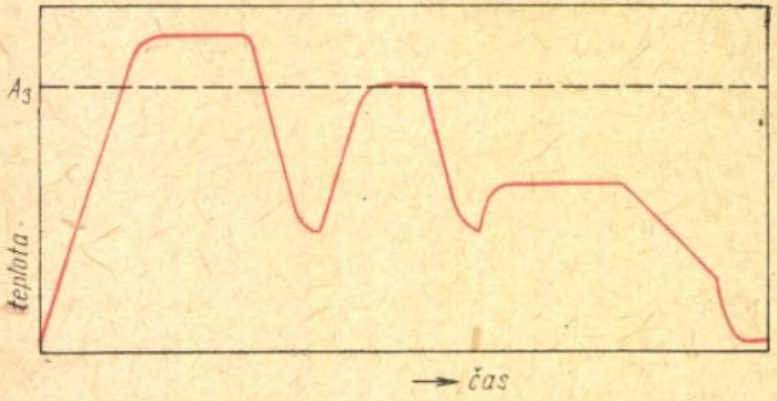
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



Obr. 6. Průběh teplot při překrystalizačním žíhání ocelových odlitků, kombinovaném s pomalým ochlazováním v peci

pnutí se pak podle složitosti ochlazují v peci rychlostí 30 až 50 °C/h až na teplotu asi 250 °C. Pak se dále ochlazují na volném vzduchu. Nepožaduje-li se zvýšení pevnosti a houževnatosti, ochlazují se jednoduché odlitky ze žíhací teploty pozvolna v peci až na teplotu 250 °C *(obr. 6)*, a teprve pak na volném vzduchu.

Pro složitější odlitky vyráběné ze slitinových ocelí se k dosažení požadované jakosti používá též *kombinovaného způsobu* difúzního a normalizačního žíhání, spojeného s žíháním k odstranění vnitřního pnutí *(obr. 7)*. K urychlení celého postupu se odlitky mezi 1. a 2. operací žíhání ponechají zchladnout až pod překrystalizační teplotu, ale pak se znovu zahřívají. Teprve po 3. operaci žíhání k odstranění vnitřního pnutí se odlitky ochladí v peci.



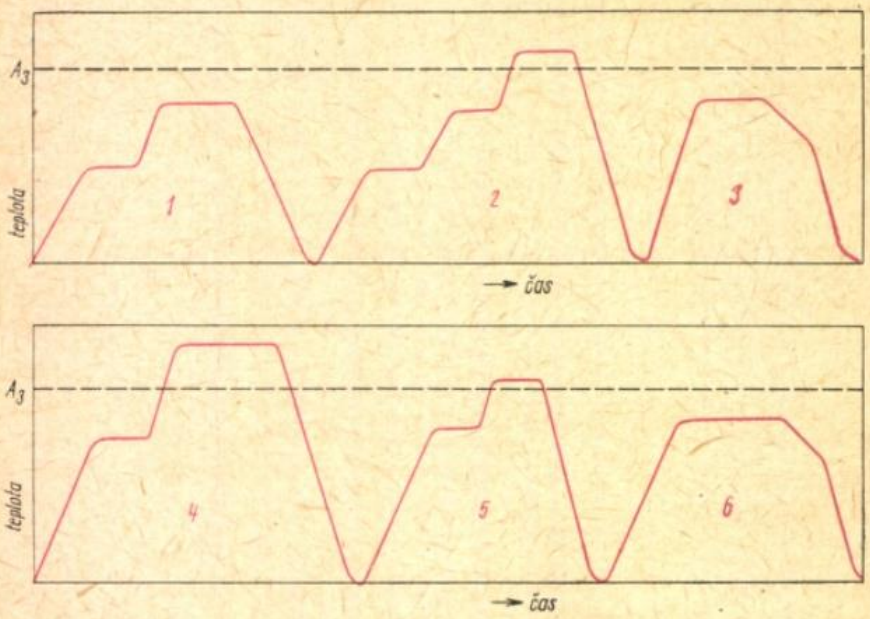
Obr. 7. Průběh teplot při kombinovaném žíhání odlitků ze slitinových ocelí

Pro nejsložitější vysoce namáhané odlitky, vyráběné z bohatě legovaných slitinových ocelí, se používá ještě *složitějšího způsobu* tepelného zpracování. Například oběžné kolo vodní turbíny se v současné době odlévá společně s lopatkami. Oběžné kolo turbíny musí být nejen dostatečně tvrdé a pevné, ale musí být také odolné proti účinkům kavitace. Proto se odlévá z nerezavějící oceli typu 42 2905 podle ČSN 42 0075 o vysokém obsahu Cr (14 %) a modifikované Ni. Postup tepelného zpracování je složitý a musí být dodržován s nejpřísnější technologickou kázní.

Již po odlití musí odlitek oběžného kola chladnout velmi pomalu a jeho tepelné zpracování se provádí na 6 operací. Při 1. operaci se odlitek po hrubém očištění žíhá při teplotě 750 °C po dobu několika hodin. Ohřev musí být pozvolný, asi 30 °C/h s prodlevou při teplotě asi 450 °C po dobu 2 až 4 hodin, potřebnou k vyrovnání teploty v celém průřezu odlitku. Další ohřev až na žíhací teplotu může být poněkud rychlejší. Odlitek musí být ochlazován z žíhací teploty v peci rychlostí nejvýše 30 °C/h. Po 1. operaci žíhání se odstraní nálitky a odlitek se znovu žíhá. Při 2. operaci se odlitek normalizačně žíhá při teplotě asi 950 °C. Při pozvolném ohřevu se odlitek ponechá na teplotě 400 a 700 °C prohřívat po dobu 2 až 4 h. Dohřev na normalizační teplotu pak může být poněkud rychlejší. Po potřebném prohřátí se odlitek ochlazuje na volném vzduchu, načež se ve 3. operaci znovu žíhá při teplotě 750 °C po dobu několika hodin. Při tomto žíhání může být ohřev poněkud rychlejší, až 60 °C/h. Ochlazuje se v peci až na teplotu 600 °C s dalším ochlazením na volném vzduchu. Takto tepelně zpracovaný odlitek se pečlivě očistí a ohrubuje. Při 4. operaci se ohrubovaný odlitek difúzně žíhá při teplotě 1050 °C po dobu několika hodin. Ohřev musí být pozvolný, nejvýše 50 °C/h až do teploty 700 °C, na které se ponechá až 4 hodiny k vyrovnání teploty. Další ohřev může být rychlejší. Odlitek se ochlazuje na volném vzduchu. Při 5. operaci se opakuje normalizační žíhání při teplotě 930 °C s následujícím ochlazením na volném vzduchu. Při 6. operaci se odlitek ještě žíhá k odstranění pnutí při teplotě asi 730 °C po dobu několika hodin. Ohřev při

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

poslední operaci žíhání musí být pozvolný, nejvýše 60 °C/h. Odlitek se pak ochlazuje z žíhací teploty v peci až na teplotu asi 200 °C, a dochlazuje se na volném vzduchu *(obr. 8)*. Podle zkušeností některých výrobců lze ochlazovat ze žíhací teploty volně na vzduchu.



Obr. 8. Průběh teplot při žíhání oběžného kola turbíny z nerezavějící Cr—Ni modifikované oceli

Tento složitý postup tepelného zpracování zajistí dosažení požadovaných vlastností oběžného kola turbíny nebo jiných podobných odlitků.

3.2 Žíhání výkovků, výkovků a výlisků

U polotovarů z výkovků, výkovků a výlisků bývají uplatňovány různé způsoby žíhání, které závisí na účelu použití. Žíháním polotovarů se může měnit jejich struktura i mechanické nebo fyzikální vlastnosti.

3.21 Normalizační žíhání

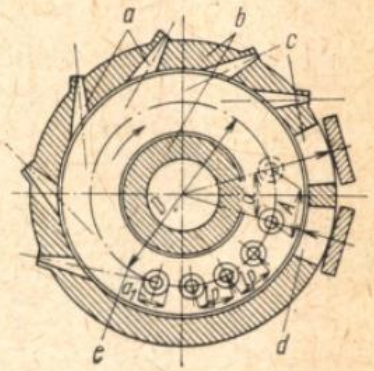
Normalizační žíhání je poměrně jednoduchý a rychlý způsob žíhání, při němž nastává překrystalizace a strukturní vyrovnání. Při normalizačním žíhání se polotovary ohřívají 30 až 50 °C nad teplotu přeměny Ac_3, na které se ponechají až do úplného prohřátí polotovaru v celém průřezu. Úplné prohřátí dobrý kalič snadno pozná podle stejnoměrného jasně červeného zabarvení žíhaného polotovaru. Nedostatečné prohřátí se projevuje vnitřním stínem.

Po austenitizaci žíhaných polotovarů pak následuje jejich volné a stejnoměrné ochlazování na klidném vzduchu. Normalizačním žíháním se dosáhne jemnější a stejnoměrnější struktury o vyšší pevnosti a houževnatosti.

U výkovků, výkovků a výlisků se normalizačním žíháním odstraní některé chyby polotovarů, které mohly vzniknout při jejich tváření za tepla.

U polotovarů, vyrobených z ocelí o nízkém obsahu uhlíku, se normalizačním žíháním dosáhne také dobré obrobitelnosti. Na postupu tepelného zpracování *(tab. 4)* je uveden příklad normalizačního žíhání výkovku unášeče lamely, vyrobeného z oceli 11 600.0. Po obrábění nežíhaných polotovarů byla jakost obrobeného povrchu nestejnoměrná a nevyhovující. Po zařazení normalizačního žíhání byla jakost obráběného povrchu provozně vyhovující.

U polotovarů vyrobených z ocelí o vyšším obsahu uhlíku, zvláště u polotovarů o menším průřezu, však bývá jejich tvrdost po normalizačním žíhání vyšší a obrobitelnost horší. Přesto však většina polotovarů, dodávaných do mechanických dílen z hutí a kováren, bývá pouze normalizačně žíhána. Činí-li obrábění ocelovými nástroji potíže,

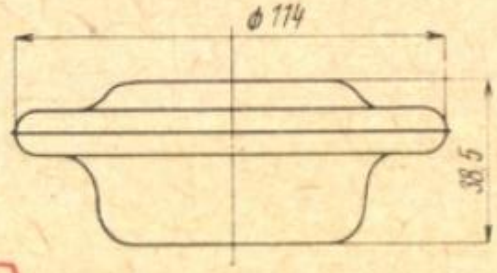


Obr. 9. Průřez karuselovou pecí:
a — hořákové otvory, b — vyzdívka, c — vytahovací otvor, d — sázecí otvor, e — otočná nístěj

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup normalizačního žíhání pro výkovky unášeče lamely z oceli 11 600 *Tabulka 4*

Náčrtek



A3

Materiál 11 600.0

Váha 1 kusu 1,85 kg

Předpis požadované jakosti
HB 170—210

Rozsah zkoušek 5 %

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Normalizačně žíhat	Karuselová pec	850 + 20 °C, 30 min	Přibližně 1000 kg/h
2	Pískovat	Tryskač bubnový		
3	Kontrolovat tvrdost	Diatestor	HB 10/3000/30	5 %

Změna

vystavil 3. 3. 62	schválil 4. 3. 62
středisko další operace 516	

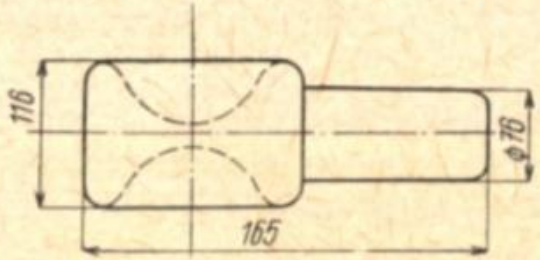
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup normalizačního žíhání výkovku náboje spojeného s vysokým popouštěním

Tabulka 5

Náčrtek



Materiál 12 061.0

Váha 1 kusu 16 kg

Předpis požadované jakosti nejvýše HB 241

Rozsah zkoušek 2 %

A3

A1

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Normalizačně žíhat	Krokový agregát	810 + 30 °C, 45 min	780 kg/h
2	Popouštět	Průběžná pec	660 + 30 °C, 2 h	780 kg/h
3	Pískovat	Tryskač bubnový	—	
4	Kontrolovat tvrdost	Diatestor	HB 10/3000/30	2 %

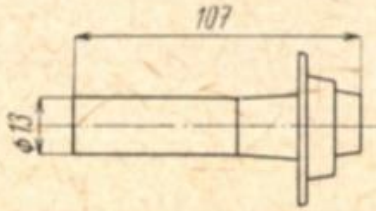
Podobným postupem tepelného zpracování lze zpracovávat zvláště tenkostěnné výkovky, vyráběné z ocelí s vyšším obsahem uhlíku, popř. ze slitinových ocelí, které jen po normalizačním žíhání mají příliš vysokou tvrdost a zhoršenou obrobitelnost.

EVROPSKA UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup žíhání na měkko pro spojovací šrouby z oceli 16 420

Tabulka 6

Náčrtek



A3

Materiál 16 420.0 (výkovek)

Váha 1 kusu 0,135 kg

Předpis požadované jakosti: nejvýše HB 211

Rozsah zkoušek 2 %

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Normalizačně žíhat	Komorová pec	840 + 20 °C, 90 min, ochlazovat na klidném vzduchu	400 ks
2	Žíhat na měkko	Komorová pec	610 + 30 °C, 4 h ochlazovat v peci	400 ks
3	Pískovat	Tryskač bubnový		
4	Kontrolovat tvrdost	Diatestor	HB 5/750/30	2 %

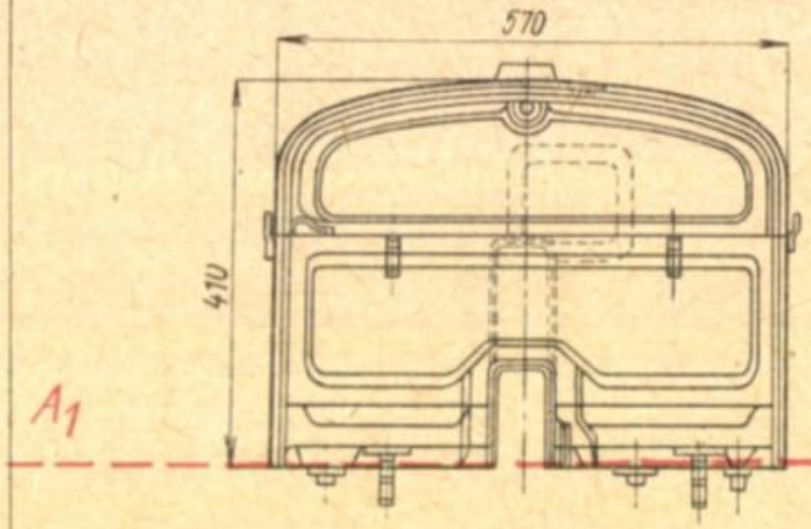
Podobným postupem tepelného zpracování lze zpracovávat zvláště výkovky z bohatě legovaných ocelí i s vyšším obsahem uhlíku, u kterých by jinak byla velmi ztížena obrobitelnost.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup žíhání k odstranění pnutí u palivové nádrže z oceli 11 300 *Tabulka 7*

Náčrtek



Materiál 11 300.30

Váha 1 kusu 20 kg

Předpis požadované jakosti

Rozsah zkoušek

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Žíhat k odstranění vnitřního pnutí	Vozíková pec	620 + 30 °C, 30 min, ochl. v peci	10 ks
2	Čistit	Ručně	Kartáčovat	

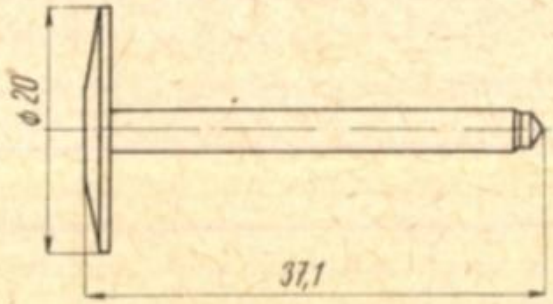
Podobným způsobem se žíhají různé složitější svařované celky, které jinak za provozu praskají, nebo které z provozních důvodů vyžadují rozměrovou stabilitu, jako např. tlakové nádoby apod.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup žíhání součásti z magneticky měkké oceli 12 013 (kotvy)

Tabulka 8

Náčrtek



Materiál 12 013.9

Váha 1000 kusů 3,2 kg

Předpis požadované jakosti
Velikost feritického zrna 3 až 4

Rozsah zkoušek namátkou

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Balit do krabic	krabice 400 × 170 × 170 ručně	čerstvé třísky z oceli 12 013	200 ks
2	Žíhat	Komorová pec	840 ± 10 °C, 6 h, ochl. 40°C/h	6 krabic
3	Vybalit	Ručně		
4	Kontrola jakosti	Mikroskop	podle ČSN 42 0463	namátkově

Podobným způsobem se žíhají všechny dohotovené součásti z magneticky měkkých ocelí, u nichž se požadují záruky magnetických vlastností a vzdornosti proti magnetickému stárnutí, jako např. kotvy, jádra a jiné součásti relé.

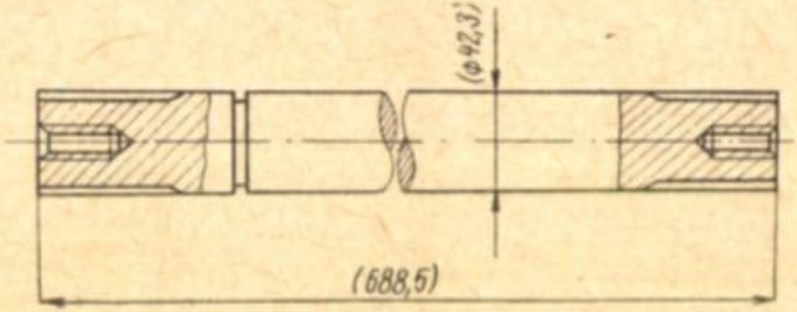
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup žíhání pro odstranění vodíku u tvrdě chromovaných drážkových hřídelů

Tabulka 10

Náčrtek



Materiál 14 331.7

Váha 1 kusu 6,5 kg

Předpis požadované jakosti
nejméně HV 1000

Rozsah zkoušek
1 kus z každé vsázky

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Balit	Válcové krabice ø 120 × 800	Suchý, čistý písek	4 ks
2	Žíhat	Šachtová pec	450 — 20 °C. 6 h Volně chladnout v krabici	6 krabic
3	Vybalit	Ručně		
4	Očistit	Ručně		
5	Kontrolovat tvrdost	Vickers	HV 5/30	1 kus z každé vsázky

Tímto způsobem se žíhají tvrdě chromované součásti, u nichž by pohlcený vodík způsoboval provozní potíže. Teplotu a dobu žíhání je nutno upravit podle druhu oceli a provozních požadavků na součást. Ke znatelnějšímu poklesu tvrdosti chrómové vrstvy dochází prakticky až při ohřevu nad 450 °C.

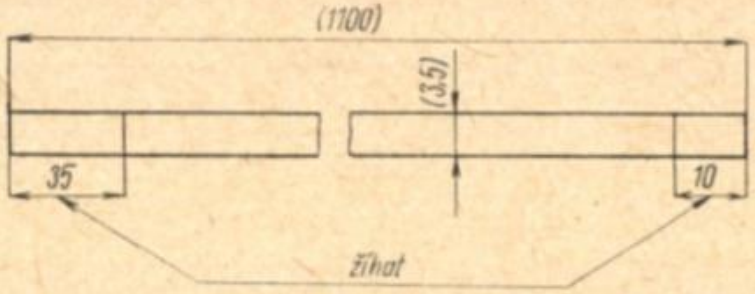
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup místního žíhání konců tažné pružiny

Tabulka 11

Náčrtek



Materiál ČSN 12 081.80

Váha 100 kusů 0,8 kg

Předpis požadované jakosti
Ohyb o 180° kolem r = 3 mm

Rozsah zkoušek
Namátkou

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Upínání pružin	Upínač 426		
2	Žíhat	Olověná lázeň	710 + 10 °C, 35 mm — 4 min 10 mm — 4 min	25 ks
3	Očistit	Ručně		
4	Kontrola	Ručně	Na ohyb	namátkou

Podobným postupem se místně žíhají konce nejrůznějších pružin, které by jinak při tvarování konců praskaly.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

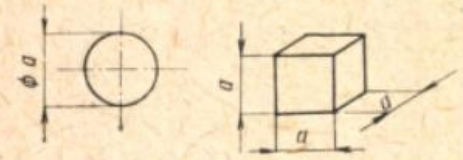
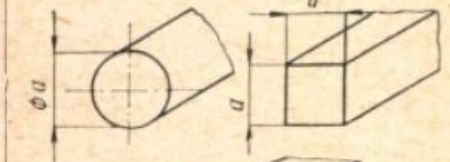
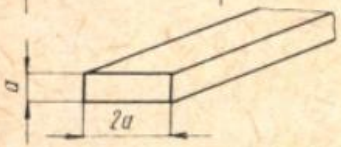
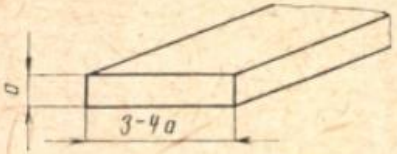
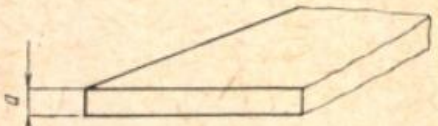
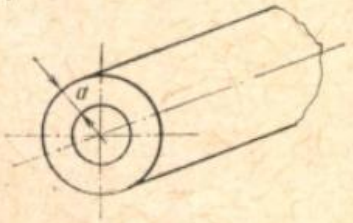
Doporučené doby výdrže na austenitizační teplotě *Tabulka 12*

Směrná tloušťka t, mm	Výdrž na austenitizační teplotě v min[1])	
	komorová (šachtová) pec[2])	solná lázeň[2])
do 16	t + 3	$\frac{t}{3} + 2{,}5$
17 – 20	20	
nad 20	t	

[1]) Výdrž na austenitizační teplotě se počítá od okamžiku, kdy pec po vložení vsázky dosáhne požadované teploty.

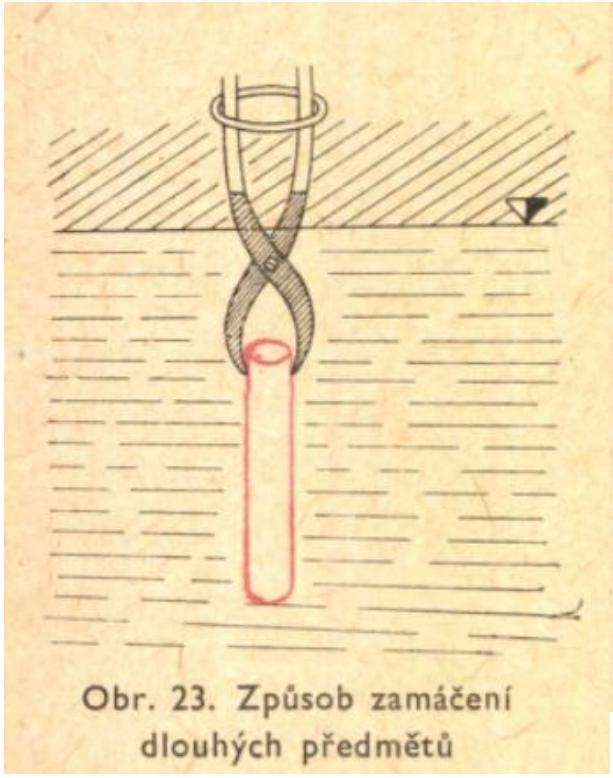
[2]) Po předehřátí na 550 až 700 °C se hodnoty sníží asi o 25 %.

Závislost směrné tloušťky t na tvaru součásti a jejím rozměru a.

Charakteristický tvar a rozměr součásti v mm	Směrná tloušťka v mm
	t = 0,75 a
	t = a
	t = 1,5 a
	t = 1,75 a
	t = 2 a
	Krátké průchozí trubky: t = 2a Dlouhé nebo uzavřené trubky: t = 4a

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

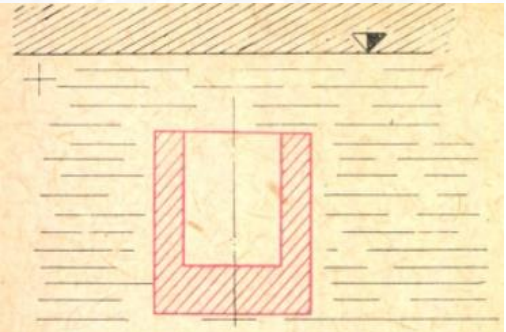
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



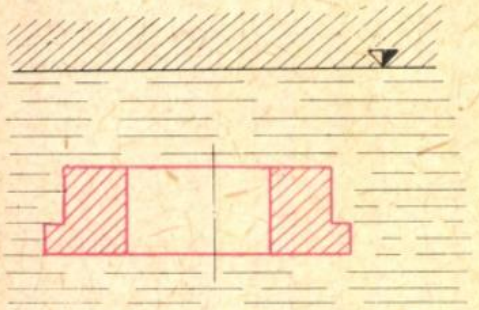
Obr. 23. Způsob zamáčení dlouhých předmětů



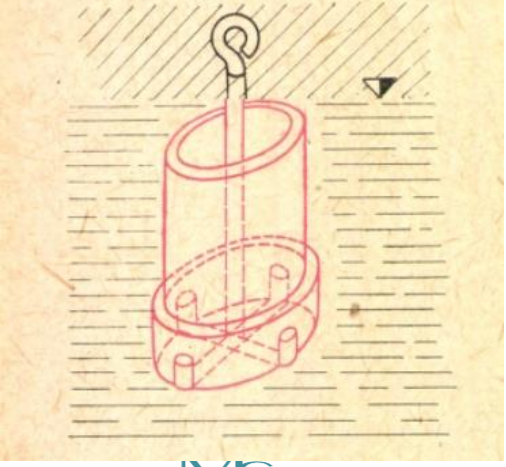
Obr. 24. Způsob zamáčení kotoučů



Obr. 25. Způsob zamáčení předmětů s jednostranně otevřenými dutinami



Obr. 26. Způsob zamáčení kroužků



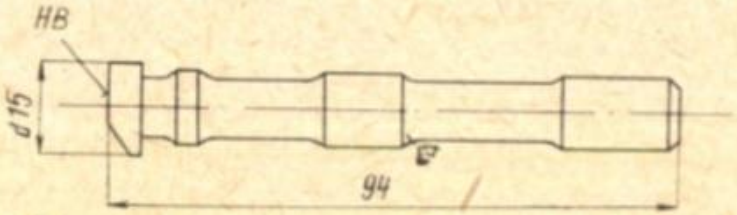
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup kalení do oleje pro šroub ojnice z oceli 16 420

Tabulka 14

Náčrtek



Materiál 16 420.3

Váha 100 kusů 9 kg

Předpis požadované jakosti
HB 306–345

Rozsah zkoušek 100 %

A3

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Kalit	Střásací pec	830 + 10 °C, 12–14 min, olej 40–60 °C	200 ks/h
2	Očistit	Strojní pračka		
3	Popustit	AS 140	420 + 20 °C, 60 min, voda	Koš à 150 ks
4	Očistit místo pro zk.	Bruska		
5	Kontrolovat tvrdost	Diatestor	HB 5/750/30	100 %
6	Rovnat	Ručně	Průhyb max. 0,1 mm	

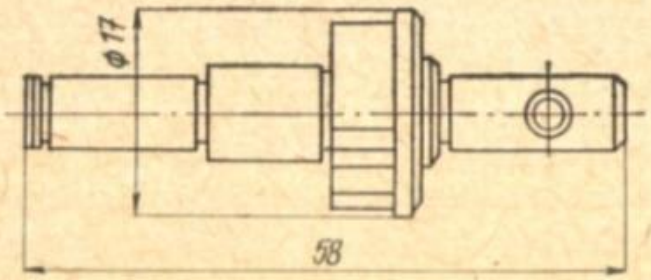
Podobným způsobem se tepelně zpracovávají četné menší součásti, které svým tvarem vyhovují podmínkám pro použití střásacích nebo jiných průchozích pecí, jako např. součásti valivých ložisek apod., přičemž je nutno popouštěcí teplotu přizpůsobit požadované tvrdosti.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup termálního kalení hřídelíku z oceli 14 100 *Tabulka 15*

Náčrtek



Materiál 14 100.3

Váha 100 kusů 7 kg

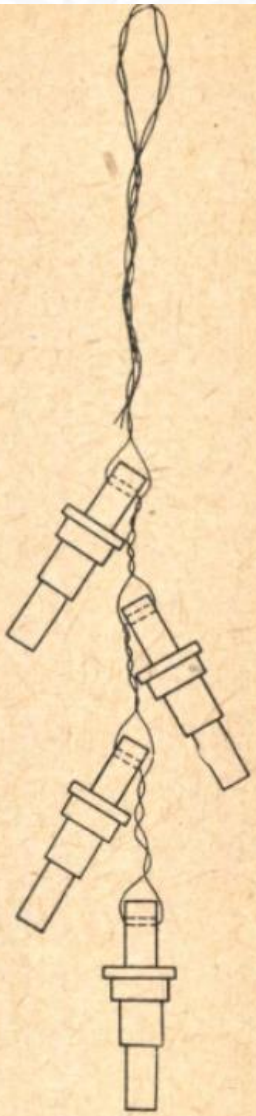
Předpis požadované jakosti HRA 81–83

Rozsah zkoušek 100%

A3

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Vázat na drát	Ručně	3 svazky na prut	1 svazek à 4 ks
2	Předehřát	Vzduchová pec	450 + 50 °C, 10 min	
3	Kalit termálně	GS 540 + 5 % C3 AS 140	840 + 10 °C, 10 min 180 + 10 °C do prochlazení, vzduch	7 prutů 84 ks
4	Oprat	Strojní pračka		
5	Odstranit drát	Ručně		
6	Popustit	Olejová lázeň	180 + 10 °C 1 h, vzduch	Koš à 84 ks
7	Oprat	Strojní pračka		
8	Kontrolovat tvrdost	Rockwell	HRA	100 %
9	Rovnat	Ručně		

Podobným postupem se tepelně zpracovávají nejrůznější drobné součásti z ocelí kalitelných v oleji, u nichž je požadována vysoká tvrdost, vzdornost proti otěru a rozměrová stálost, jako u součástí kancelářské techniky a přesné mechaniky, např. u kladek, neokrouhlých kotoučů, západek, rohatek apod.



Obr. 29. Způsob vázání součástí na drát

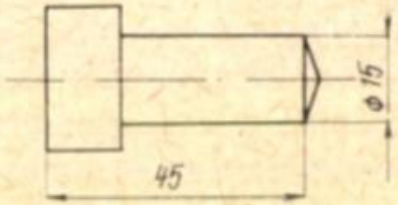
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup lesklého kalení tělesa vstřikovacího ventilu z oceli 14 100

Tabulka 16

Náčrtek



Materiál 14 100.3

Váha 100 kusů 6 kg

Předpis požadované jakosti HRC 60 – 63

Rozsah zkoušek 1 %

A3

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Kalit	Střásací pec s ochrannou atmosférou	840 + 10 °C, olej	700 ks/h
2	Popustit	Olejová lázeň	160 + 20 °C, 1 h, vzduch	Koš à 700 ks
3	Očistit	Strojní pračka		
4	Kontrolovat tvrdost	Rockwell	HRC	1 %

Podobný postup lesklého kalení je vhodný pro součásti jemné mechaniky a zařízení, vyžadujících velkou přesnost, jako součásti vstřikovacích čerpadel, části ložisek s tvrdým povrchem, odolným proti opotřebení jako kuličky, válečky, kroužky, desky apod.

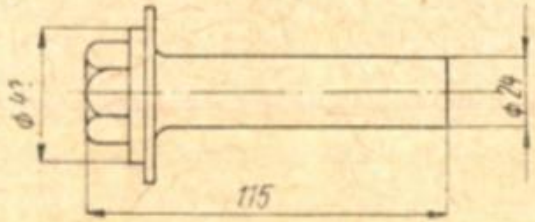
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup zušlechťování šroubu ložiska z oceli 12 042

Tabulka 17

Náčrtek



Materiál 12 042.0

Váha 1 kusu 1,2 kg

Předpis požadované jakosti
HB 208—253

Rozsah zkoušek 5 %

A3

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Normalizačně žíhat	Rotační pec	850 + 20 °C, 60 min, vzduch	500 ks/h
2	Kalit	Rotační pec	840 + 10 °C, 60 min, voda	500 ks/h
3	Popustit	Komorová pec	600 + 20 °C, 2 h, voda	1000 ks
4	Kontrolovat tvrdost	Diatestor	HB 5/750/30	5 %

Podobným postupem se zpracovávají i jiné výkovky a strojní součásti do průměru asi 40 mm, které se dříve vyráběly z ocelí kalitelných v oleji.

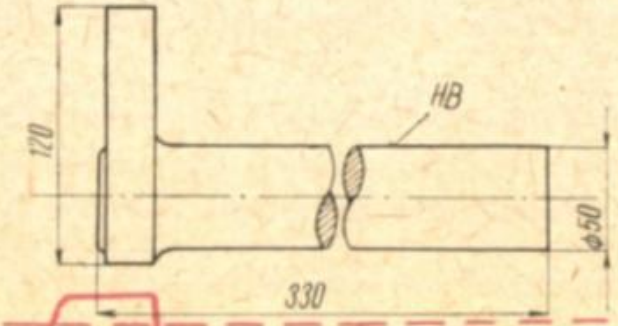
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup zušlechťování kliky z oceli 12 061

Tabulka 18

Náčrtek



A3

Materiál 12 061.1

Váha 1 kusu 5,4 kg

Předpis požadované jakosti
HB 223-269

Rozsah zkoušek: 3 %

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Kalit	Rotační pec	830 + 10 °C, 100 min, olej 40 – 60 °C	60 ks/100 min.
2	Očistit	Strojní pračka		
3	Popustit	Komorová pec	600 + 20 °C, 140 min, vzduch	120 ks
4	Kontrolovat tvrdost	Diatestor	HB 10/3000/30	3 %

Podobným způsobem se zušlechťují i jiné důležité výkovky a strojní součásti, jako např. ojnice, táhla, vidlice a pod., které je třeba před zušlechťováním zhruba opracovat.

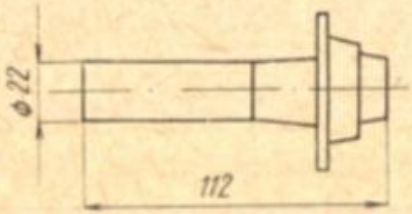
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup přerušovaného kalení šroubu z oceli 12 061

Tabulka 19

Náčrtek



Materiál 12 061.0

Váha 1 kusu 1,05 kg

Předpis požadované jakosti
HB 223—269

Rozsah zkoušek 5 %

A3

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Normalizačně žíhat	Rotační pec	830 + 10 °C, 60 min, vzduch	600 ks/h
2	Kalit	Rotační pec	830 + 10 °C, 60 min, voda—olej	podnos à 20 ks 600 ks/h
3	Očistit	Pračka		
4	Popustit	Komorová pec	600 + 20 °C, 2 h, vzduch	1000 ks volně
5	Opískovat	Pásový tryskač		
6	Kontrolovat tvrdost	Briviskop	HB 5/750/30	5 %

Podobného postupu se používá např. u některých taveb ušlechtilé konstrukční oceli 12 061 a podobných ocelí, u nichž se kalením do oleje nedosahuje předpsané houževnatosti a při kalení do vody praskají.

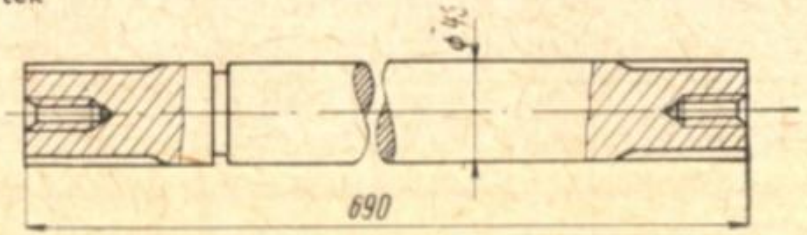
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup hysterezního kalení hřídele z oceli 14 331

Tabulka 20

Náčrtek



Materiál 14 331.2

Váha 1 kusu 7,4 kg

Předpis požadované jakosti
HRC 38–44

Rozsah zkoušek 100 %

Poř.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Austenitizovat	Komorová pec	900 + 10 °C, 45 min	10 ks
2	Kalit	Komorová pec	840 + 20 °C, 15 min, olej 40–60 °C	10 ks
3	Očistit	Pračka		
4	Popustit	Šachtová pec	460 + 20 °C, 120 min, voda	120 ks
5	Kontrolovat tvrdost	Rockwell	HRC	100 %
6	Rovnat	Ruční lis	max. průhyb 0,1 mm	

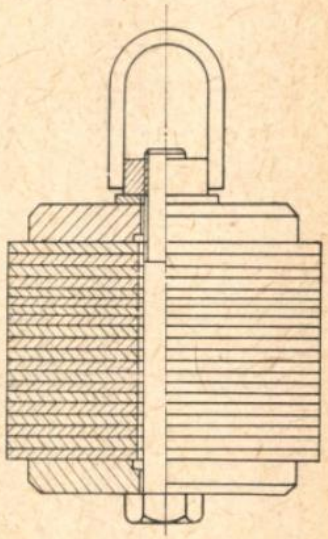
Změna

vystavil	schválil
21. 3. 1962	22. 3. 1962

střed. další oper. 264

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

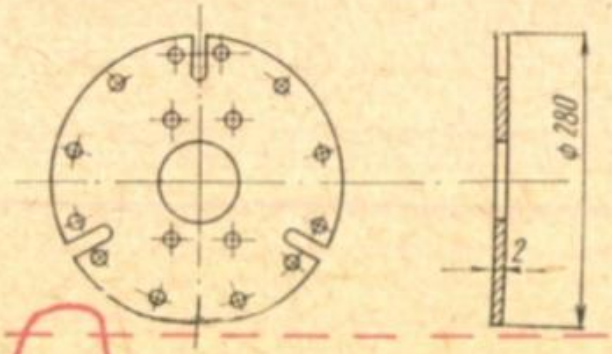


Obr. 30. Pomůcka pro popouštění lamel

Postup kalení lamely z oceli 11 600

Tabulka 21

Náčrtek



Materiál 11 600.1

Váha 1 kusu 0,76 kg

Předpis požadované jakosti HB 208—269

Rozsah zkoušek 10 %

A3

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Kalit	Komorová pec	840 + 10 °C, 5—6 min, lis, 2 min	à 1 ks
2	Popustit	Vzduchová pec	270 + 10°C, 90 min, vzduch	svorník à 70 ks
3	Kontrolovat tvrdost	Diatestor	HB 2,5/187,5/30	10 %
4	Rovnat	Ručně	Max. průhyb 0,5 mm	

Podobným způsobem se kalí tenkostěnné a rovinné součásti o konstantní tloušťce, vyrobené z ocelí se středním a vyšším obsahem uhlíku.

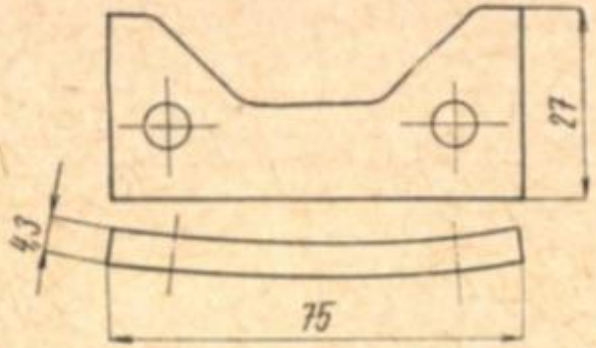
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup kalení součástí zámku z oceli 14 100

Tabulka 22

Náčrtek



A3

Materiál 14 100.3

Váha 100 kusů 5 kg

Předpis požadované jakosti HRC 60 – 63

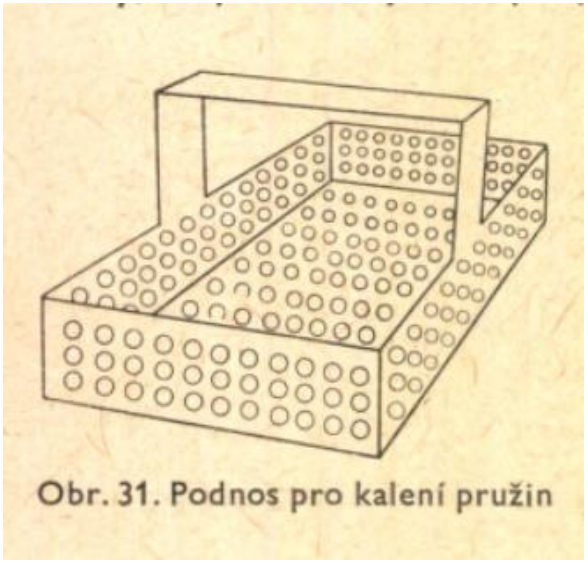
Rozsah zkoušek 100 %

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Předehřát	Vzduchová pec	450 + 50 °C, 10 min	
2	Kalit	GS 670	840 + 10 °C, 3 min, čelisti AH 2581	jednotlivě
3	Očistit	Strojní pračka		
4	Popustit	Olejová lázeň	180 + 10 °C, 30 min, vzduch	koš à 48 ks
5	Očistit	Strojní pračka		
6	Kontrolovat tvrdost	Rockwell	HRC	100 %

Podobným postupem se kalí tenkostěnné, tvarované součásti o konstantní tloušťce, vyrobené z oceli se středním a vyšším obsahem uhlíku.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



Obr. 31. Podnos pro kalení pružin

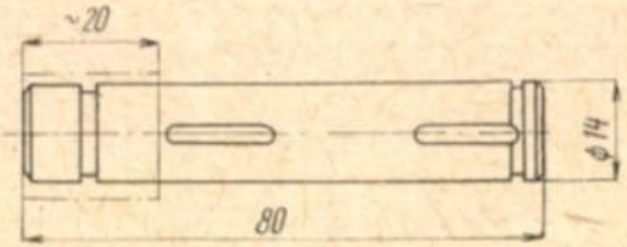
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup částečného kalení čepu hnacího kola z oceli 12 050

Tabulka 23

Náčrtek



Materiál 12 050.1

Váha 10 kusů 1 kg

Předpis požadované jakosti
HRC 46 – 52

Rozsah zkoušek 100 %

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Kalit	Olověná lázeň	820 + 10 °C, 8 min, voda 30 °C	jednotlivě
2	Popustit	Vzduchová pec	260 °C, 60 min, voda 50 °C	koš à 50 ks
3	Kontrolovat tvrdost	Rockwell	HRC	100 %

Podobným způsobem se kalí nejrůznější strojní součásti, vyrobené z ocelí se středním a vyšším obsahem uhlíku, u nichž se požaduje zvýšená tvrdost pouze na omezených funkčních plochách.

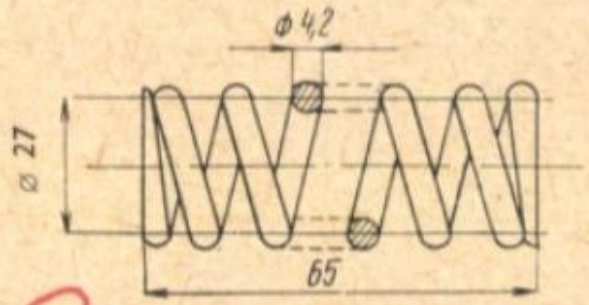
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup zušlechťování pružiny spojky z oceli 14 260

Tabulka 24

Náčrtek



A3

Materiál 14 260.3

Váha 100 kusů 7,8 kg

Předpis požadované jakosti
HRC 44—48

Rozsah zkoušek 2 %

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Kalit	Střásací pec	820 + 10 °C, 6—8 min, olej 40—60 °C	250 ks/h
2	Očistit	Strojní pračka		
3	Popustit	Solní lázeň AS 140	420 + 10 °C, 20 min, voda 50 °C	koš à 100 ks
4	Kontrolovat tvrdost	Rockwell	HRC	2 %

Podobného způsobu tepelného zpracování se používá pro pružiny a pružící součásti střední velikosti, vyrobené ze žíhané pružinové oceli.

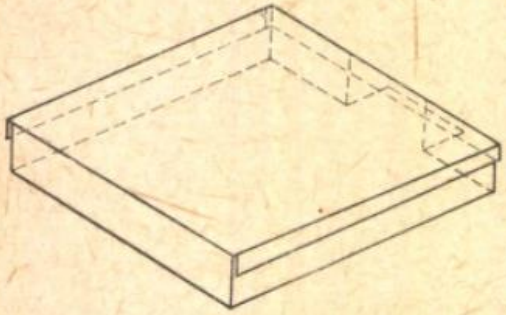
77

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

4.13 Zušlechťování drobných pružících součástí

Pro ohřev drobných a tenkých součástí v komorových pecích se používá různých přípravků, které zabezpečují stejnoměrné prohřátí jednotlivých součástí vsázky. Současně zabraňují deformování součástí při ohřevu na austenitizační teplotu a ochlazování při vyjímání z pece. Kalí se pak tak, že se součásti s přípravkem *(obr. 32)* přenesou z pece až těsně k hladině ochlazovací lázně a vsypou se do ní. Někdy se součásti ochlazují i s přípravky, které však nesmějí příliš zpomalovat ochlazování a způsobovat nerovnoměrné ochlazení. Teplota olejové ochlazovací lázně se udržuje v rozmezí 40 až 60 °C. Olej se nikdy nemíchá stlačeným vzduchem!



Obr. 32. Přípravek pro kalení drobných součástí z komorové pece

Předměty zakalené do oleje se před popouštěním v solné lázni dobře operou. Uložení předmětů při popouštění v koších běžně vyhovuje, nesmí ovšem docházet k zaklesnutí součástí do sebe a u tenkostěnných součástí k nepřiměřeným deformacím. Tu je pak třeba řešit uložení součástí pro popouštění individuálně.

Po ukončení tepelného zpracování je třeba se přesvědčit o dosažených hodnotách tvrdosti. Rozmezí předepsaných kontrolních hodnot a rozsah prováděných zkoušek je volen podle důležitosti součásti. Příkladem je postup na *tab. 25.*

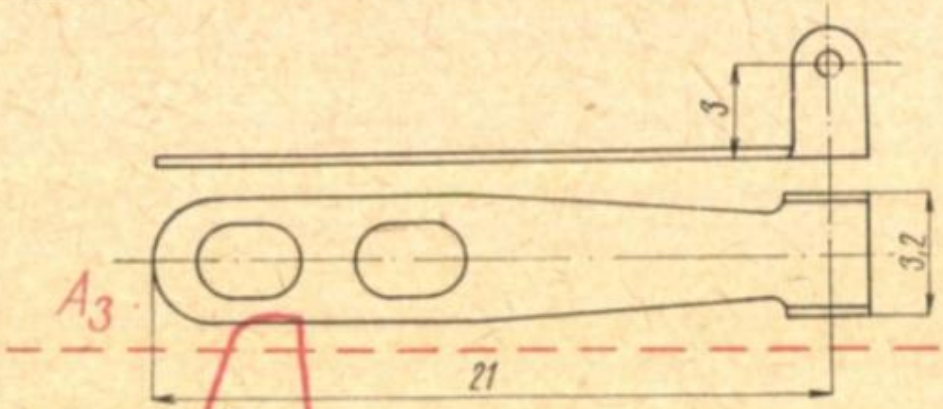
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup zušlechťování pera vypínací cívky z oceli 12 060

Tabulka 25

Náčrtek



Materiál ČSN 12 060.20

Váha 1000 kusů 0,7 kg

Předpis požadované jakosti
HR15 79—82

Rozsah zkoušek 5 %

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Kalit	Komorová pec	800 + 10 °C, 6—8 min olej 40—60 °C	vložky à 400 ks
2	Očistit	Strojní pračka		
3	Popustit	AS 140	320 + 30 °C, 20 min, vzduch	koš à 3000 ks
4	Očistit	Strojní pračka		
5	Kontrolovat tvrdost	Rockwell Superficial	HR 15	5 %

Uvedený postup je typický pro zušlechťování drobných pružících součástí.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

4.14 Izotermické kalení

Kalením do oleje nebo do vody i kalením termálním se dosahuje vysoké tvrdosti, dané chemickým složením zpracovávané oceli, přičemž je však houževnatost nízká. Teprve popouštěním se dosahuje zvýšené houževnatosti. Přitom postupně se zvyšující se popouštěcí teplotou klesá tvrdost a pevnost v tahu.

Izotermické kalení využívá pochodů probíhajících po zakalení v teplých lázních za teplot, ležících nad teplotou počátku martenzitické přeměny (M_s). Tu přeměnou austenitu již nevzniká tvrdý a křehký nepopuštěný martenzit, ale bainit, který je houževnatý. Jeho tvrdost a pevnost je určována chemickým složením zpracovávané oceli a teplotou izotermické přeměny. Doba udržování v izotermické lázni musí být dostatečně dlouhá, aby potřebné přeměny proběhly v dostatečném rozsahu. Vhodné teploty a doby izotermické přeměny se stanoví z diagramu izotermických přeměn austenitu jednotlivých ocelí, tzv. S-křivek. Pro naše oceli je nyní k dispozici atlas těchto diagramů vypracovaný Vladimírem Krausem.

Pokud jde o volbu ocelí, vhodných pro izotermické kalení, je nutno zachovávat zásady, platné všeobecně pro kalení do teplých solných lázní. Poněvadž ochlazovací schopnost těchto lázní je o něco větší než ochlazovací schopnost oleje, ale podstatně menší než ochlazovací

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

schopnost vody, hodí se pro izotermické kalení především ty oceli a předměty, které by jinak bylo možno kalit do oleje nebo na vzduchu.

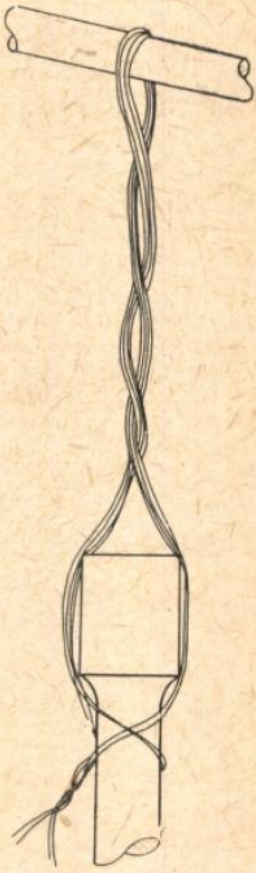
Výhody izotermického kalení záleží v tom, že se při minimálních deformacích dosahuje houževnatostí vyšších než po zakalení do oleje a popuštění na tutéž tvrdost, ovšem jen v oblasti středních hodnot pevnosti v tahu. Tak se výhody izotermického kalení projeví zřetelněji až při pevnostech v tahu nad 100 kp/mm² a u některých ocelí, jako např. u ocelí tř. 15 až nad 120 kp/mm².

Nevýhodou izotermického kalení je potřeba vhodných zařízení, zvláště dostatečného prostoru izotermických lázní, v nichž zpracovávané součásti setrvávají poměrně dosti dlouhou dobu. Získané výhody však tyto nepatrné nesnáze značně převažují.

Příkladem je izotermické kalení torzní tyče *(tab. 26)*. Torzní tyče se vážou na drát po jednom kuse tak, aby při tepelném zpracování byly stále ve svislé poloze *(obr. 33)*. Tím jsou vytvořeny předpoklady pro vznik minimálních deformací. Jednotlivé tyče se zavěsí po 4 kusech na prut tak, aby se vzájemně nedotýkaly.

Při ohřívání součástí v solných lázních se součásti nejdříve předehřejí ve vzduchové, obyčejně šachtové peci proto, aby se odstranila veškerá vlhkost. Při vložení vlhkého předmětu do roztavené solné lázně vzniká nebezpečí, že tavenina vystříkne, a tím může zranit obsluhující.

Pruty s torzními tyčemi se přenášejí postupně do další lázně tak, jak se uvolňuje místo v lázni následující operace. Po vyjmutí z izotermické lázně se předměty ochlazují volně na klidném vzduchu. Izotermicky zakalené torzní tyče



Obr. 33. Způsob vázání torzní tyče na drát

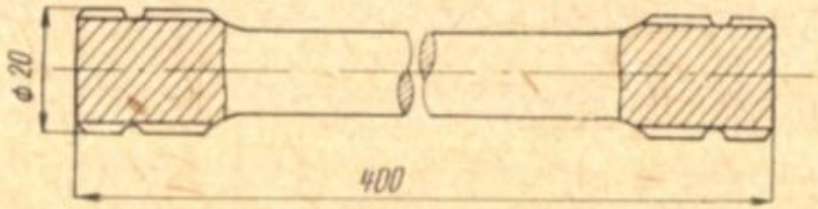
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup izotermického kalení torzní tyče z oceli 14 260

Tabulka 26

Náčrtek



Materiál 14 260.3

Váha 1 kusu 0,425 kg

Předpis požadované jakosti HRC 45—49

Rozsah zkoušek 100 %

A3

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Vázat na drát	Ručně		à 1 kus
2	Izotermicky kalit Předehřát Přenést Přenést Přenést	Vzduchová pec GS 540 + 5 % C3 GS 540 + 5 % C3 AS 140	450 + 50 °C 10 min 680 + 20 °C 10 min 820 + 10 °C 10 min 320 + 10 °C 15 min, vzduch	6 prutů à 4 ks
3	Očistit	Strojní pračka		
4	Odstranit drát	Ručně		
5	Kontrolovat tvrdost	Rockwell	HRC	100 %
6	Rovnat	Ruční lis	Průhyb max. 0,1 mm	

Uvedený postup lze považovat za typický pro strojní součásti střední velikosti, vyrobené z ocelí vhodných pro izotermické kalení.

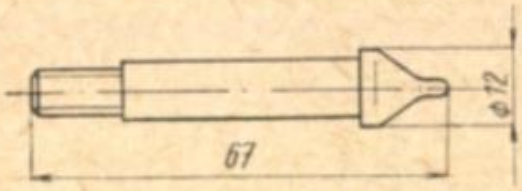
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Postup smíšeného kalení úderníku z oceli 14 260

Tabulka 27

Náčrtek



A3

Materiál 14 260.3

Váha 100 kusů 4 kg

Předpis požadované jakosti HRA 72–75

Rozsah zkoušek 100 %

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka
1	Předehřát	Vzduchová pec	450 + 50 °C, 10 min	podnos à 50 ks
2	Kalit	GS 560 + 5 % C3	820 + 10 °C, 10 min olej 170 + 10 °C, 15 min	podnos à 50 ks
3	Očistit	Strojní pračka		
4	Popustit	AS 140	480 + 20 °C 30 min, voda 50 °C	koš à 250 ks
5	Kontrolovat tvrdost	Rockwell	HRA	100 %

Podobným postupem lze zpracovávat drobnější, velmi namáhané součásti, které při běžném způsobu kalení a popouštění při funkci praskají, kdežto při smíšeném způsobu kalení a popouštění mají jak požadovanou tvrdost, tak i dostatečnou houževnatost.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

se očistí od zbytků soli a zbaví se drátěných závěsů. Stoprocentní kontrolou se ověří dosažené hodnoty tvrdosti.

Konečnou operací v kalírně je rovnání, a to mechanicky pod lisem. Při rovnání se nesmí poškodit povrch torzních tyčí. Rovnání torzních tyčí plamenem nebo naklepáváním se nedoporučuje.

4.15 Smíšené zušlechťování

Při izotermickém kalení je výsledkem přeměny austenitu za zvýšené teploty, ležící nad teplotou počátku martenzitické přeměny (M_s), bainit. Jeho tvrdost závisí na teplotě přeměny. Požaduje-li se však vyšší tvrdost, než jaké lze dosáhnout izotermickým kalením na teploty, ležící nad teplotou M_s, nebo není-li vhodné zařízení pro izotermické kalení k dispozici, lze teplotu ochlazovací lázně snížit i pod teplotu M_s a použít např. oleje asi 170 až 180 °C teplého. Po zamočení austenitizované součásti do takové lázně dochází zčásti k přeměně austenitu v nepopuštěný martenzit, zčásti k přeměně v bainit a ještě zůstává určité množství austenitu. Při dalším ochlazování volně na vzduchu se i tento austenit z větší části přemění na tvrdý nepopuštěný martenzit.

Takto kalené předměty je proto třeba ještě popouštět. Výhodou tohoto smíšeného způsobu zušlechťování jsou především menší deformace a vyšší houževnatost. Tento postup je výhodný tam, kde je třeba vysoké houževnatosti při vyšší tvrdosti. Příkladem je úderník jatečního přístroje (*tab.* 27).

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

8. CHYBY PŘI ŽÍHÁNÍ, KALENÍ A ZUŠLECHŤOVÁNÍ

Účelem této kapitoly je podat hrubý nástin nejčastějších chyb a potíží, vznikajících při žíhání, kalení a zušlechťování ocelových konstrukčních součástí, naznačit jejich pravděpodobné příčiny a možnosti jejich odstranění.

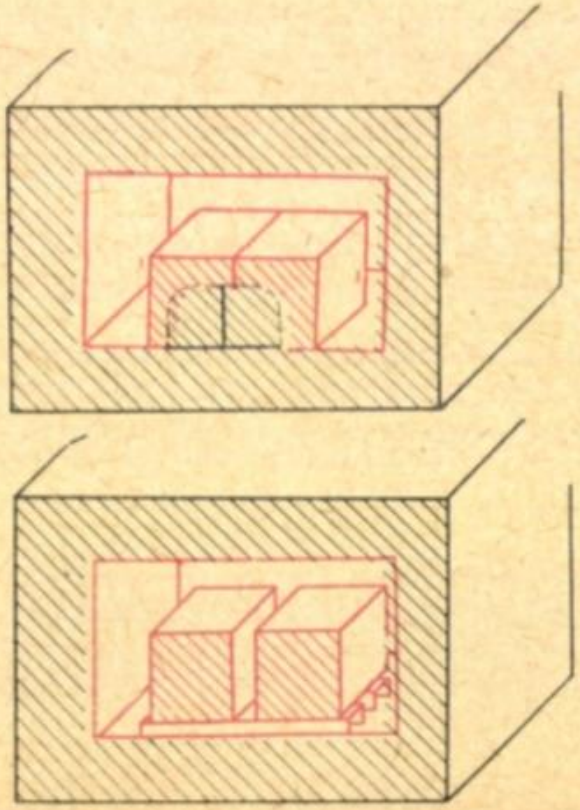
Pro přehlednost je použito formy tabulek. Cílem této stati mohou ovšem být jen směrnice pro první orientaci.

Při posuzování konkrétních závad je třeba vždy přihlížet komplexně ke všem známým okolnostem, zvláště k důležitosti součásti, rozsahu závady i pracovním možnostem vyrábějícího závodu. Především je zapotřebí se přesvědčit, zda se nejedná o záměnu materiálu. V takovém případě je nutno zjistit její rozsah a zajistit roztřídění. Podle povahy záměny a důležitosti součásti je třeba rozhodnout, zda lze změnou postupu tepelného zpracování dosáhnout přijatelné jakosti součásti, nebo zda je nutno součásti v důsledku záměny materiálu vyřadit jako neopravitelné zmetky. Při napravování chyb je nutno hledat nejhospodárnější cestu, která by ještě zaručovala provozní spolehlivost součásti.

Při dalším posuzování závad a jejich odstraňování předpokládáme, že nejde o záměnu materiálu a že regulační a kontrolní přístroje pecí i ostatní zařízení pracují správně.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vada	Pravděpodobná příčina	Vysvětlení příčin a jejich odstranění
Vysoká tvrdost po žíhání	Příliš nízká žíhací teplota.	Při nižších teplotách žíhání dochází hlavně k uvolňování pnutí a pokles tvrdosti je úměrně menší. Je proto nutno zajistit požadovaný rozsah teplot i doby žíhání.
	Neúplné prohřátí vsázky. 	Při příliš krátké žíhací době nebo nevhodném rozložení vsázky v peci nedojde k prohřátí zvláště větších součástí v celém průřezu nebo vsázky v celém objemu. Předpokládané pochody pak zvláště v oblastech s nižší teplotou neproběhnou vůbec, nebo proběhnou jen částečně. Je proto nutno přiměřeně prodloužit žíhací dobu a případně zmenšit vsázku nebo upravit její rozložení v prostoru pece tak, aby netvořila příliš kompaktní celek. Je též vhodné překontrolovat funkci topných orgánů pece a prošetřit stejnoměrnost teploty v celém prostoru pece.

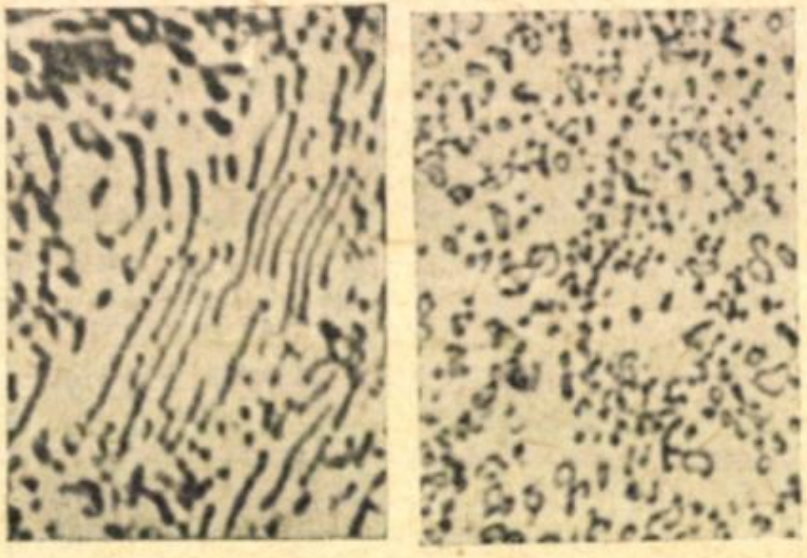
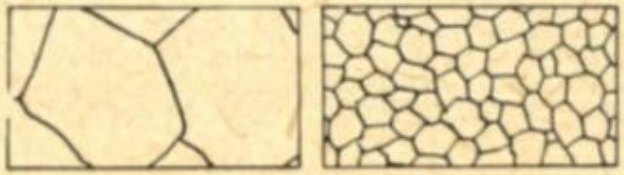
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

	Příliš krátká doba výdrže na žíhací teplotě.	Je-li doba výdrže na žíhací teplotě příliš krátká, neproběhnou všechny předpokládané pochody v potřebném rozsahu. Zvláště difúzní pochody vyžadují poměrně značně dlouhou dobu. Je proto nutno zajistit dostatečně dlouhou dobu výdrže na žíhací teplotě.
	Příliš vysoká teplota při žíhání na měkko a rychlejší ochlazování, zvláště u ocelí s vyšším obsahem uhlíku.	Je-li použitá teplota při žíhání na měkko příliš vysoká, dojde alespoň k částečné austenitizaci, a zvláště je-li ochlazování ze žíhací teploty rychlejší, nebo vyjme-li se součást z pece při vyšší teplotě, je konečná tvrdost vyšší, než se předpokládalo. Tento jev bývá častější u slitinových ocelí legovaných niklem, které se musí žíhat na měkko při nižších teplotách, než je obvyklé u ocelí uhlíkových. Novým správným vyžíháním na měkko lze tuto závadu odstranit.
	Příliš rychlé ochlazování při normalizačním žíhání.	Příliš prudké ochlazování při normalizačním žíhání, zvláště u ocelí se středním a vyšším obsahem uhlíku, vede ke zvýšení tvrdosti. To lze napravit popuštěním na vyšší teplotu nebo dodatečným vyžíháním na měkko.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vada	Pravděpodobná příčina	Vysvětlení příčin a jejich odstranění
Nízká tvárnost za studena	Žíháním na měkko nebylo dosaženo stejnoměrné globulární struktury u ocelí se středním a vyšším obsahem uhlíku. 	Žíháním na měkko se má dosáhnout stejnoměrné globulární struktury. Pokud pochody vytvářející tuto strukturu probíhají difúzí za teplot těsně pod A_1, je třeba značně dlouhé doby. U ocelí se středním a vyšším obsahem uhlíku bývá výhodné několikrát střídavě ohřívat vsázku mírně nad teplotu A_1 a ochlazovat těsně pod teplotu A_1. V některých případech bývá výhodné žíhat napřed normalizačně. Též vhodná úprava izotermického žíhání vede ke stejnoměrné globulární struktuře. Nestejnoměrná a neúplná sferoidizace je příčinou zhoršené tvárnosti. Novým, správně provedeným žíháním na měkko lze tuto závadu odstranit.
	U nízkouhlíkových ocelí došlo při žíhání ke zhrubnutí zrna. 	Zhrublé feritické zrno snižuje tvářitelnost. Opětného zjemnění zrna lze dosáhnout normalizačním žíháním z poměrně vysoké teploty. Po něm je možno podle potřeby ještě žíhat na měkko.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

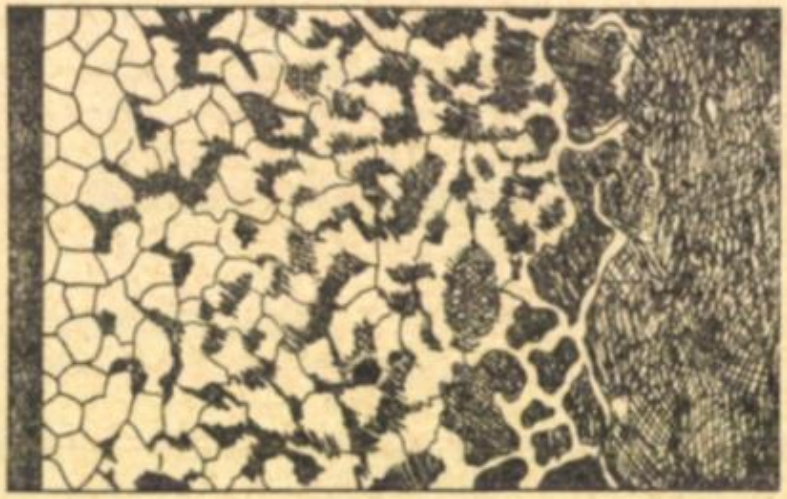
Špatná obrobitelnost po žíhání	U ocelí s vyšším obsahem uhlíku bývá příčinou špatné obrobitelnosti žíhaných součástí příliš vysoká tvrdost nebo neúplná sferoidizace.	K dosažení přiměřené obrobitelnosti ocelí s vyšším obsahem uhlíku je nutno provést správné žíhání na měkko, zaručující úplnou a stejnoměrnou sferoidizaci. Pro dosažení zvýšené hladkosti povrchu při opracování, zvláště u ocelí se středním obsahem uhlíku, lze provést zušlechtění. Spotřeba nástrojů je však o něco větší než po žíhání na měkko.
	U nízkouhlíkových ocelí příliš nízká tvrdost po žíhání na měkko.	U nízkouhlíkových ocelí bývá po žíhání na měkko obrobitelnost poněkud ztížena tím, že se materiál vytrhává. Z hlediska opracovatelnosti bývá u těchto ocelí výhodnější struktura, dosažená normalizačním žíháním z poměrně vyšší teploty.
	Mechanické zpevnění u některých druhů ocelí, zvláště ocelí austenitických tř. 17, vede ke zhoršené obrobitelnosti.	Zpevnění vyvolané tvářením za studena lze odstranit žíháním. U austenitických ocelí tř. 17 se dosáhne poměrně nejlepší obrobitelnosti austenitizačním žíháním, které se skládá z ohřevu na poměrně vysokou teplotu (přes 1000 °C) a zamočení do vody. Vhodná rozmezí teplot jsou uvedena v příslušných normách jakosti.





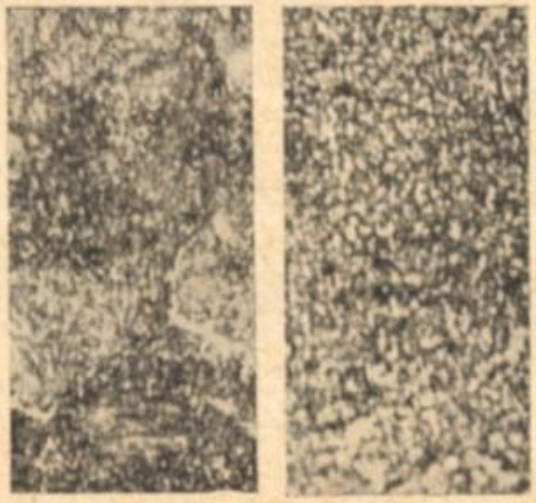
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vada	Pravděpodobná příčina	Vysvětlení příčin a jejich odstranění
Oduhličení povrchu	Chemický vliv prostředí pece na povrch součástí za zvýšených teplot.	Vlivem chemického účinku prostředí v peci nebo v lázni může dojít, zvláště za zvýšených teplot, a to jak při žíhání, tak při austenitizaci, k oduhličení povrchu součásti. To se po zakalení projeví nižší tvrdostí povrchu. Proto je třeba dobu prodlevy na vysokých teplotách omezit jen na potřebnou míru. U pecí plynových lze ke zmírnění oduhličujícího účinku použít mírného přebytku plynu. U elektrických pecí komorových a šachtových je třeba zabránit nepřiměřenému vnikání vzduchu do pece a v prostoru pece umístit trochu dřevěného uhlí nebo vypáleného koksu. Účinnější ochranou proti oduhličení jsou obaly z čerstvých litinových třísek, vypáleného koksu, vrstva boraxu nebo ochranné nátěry. Rovněž nesprávně udržované solné lázně mohou oduhličovat povrch součástí. Nejdokonalejší ochranou proti oduhličení jsou umělé atmosféry, u nichž lze regulátorem nastavit nauhličující potenciál, odpovídající obsahu uhlíku ve zpracovávané oceli.
		
	Neúplné odstranění předepsaného přídavku na opracování polotovaru.	Oduhličený povrch u součástí může být též zaviněn neúplným odstraněním předepsaného přídavku na opracování polotovaru. Je proto třeba volit přídavek na opracování podle platných ČSN a zabezpečit jeho stejnoměrné opracování ze všech stran.
Příliš vysoká tvrdost po zušlechťování	Příliš nízká popouštěcí teplota nebo vynechání popouštěcí operace.	Vyšší tvrdost po zušlechťování je obyčejně provázena sníženou houževnatostí. Proto je třeba součásti roztřídit podle tvrdosti a tvrdší kusy znovu popustit na prakticky ověřenou teplotu.

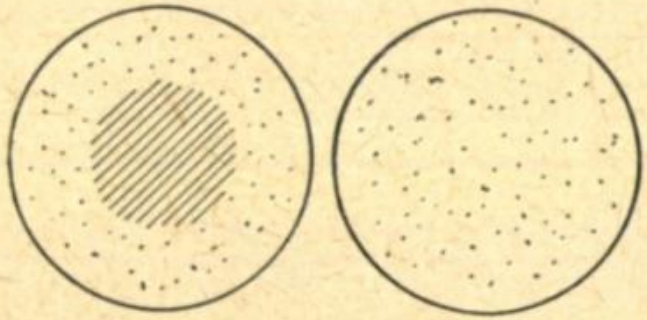
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

	Nauhličení povrchu při předchozím zpracování.	Závada tohoto druhu je prakticky možná, použije-li se např. při žíhání obalu ze starého cementačního prášku, ale vyskytuje se jen velmi zřídka. Podle rozsahu závady a povahy součásti je nutno rozhodnout o způsobu opravy nebo o vyřazení součásti.
Příliš nízká tvrdost po zušlechtění	Příliš nízká teplota nebo krátká doba austenitizace.	Nedojde-li při austenitizaci k rozpuštění dostatečného množství uhlíku, k odstranění feritu a k homogenizaci austenitu, probíhají přeměny při ochlazování austenitu nepravidelně a zakalením se nedosáhne předpokládané tvrdosti. Proto podle povahy součásti je nutno vyžíhat a nově zakalit při dodržení správné austenitizační teploty a doby austenitizace. Je též vhodné překontrolovat regulační, kontrolní i vlastní topné zařízení pece.
	Nedostatečná ochlazovací rychlost při kalení. 	Je-li ochlazovací rychlost při kalení menší než kritická, probíhá část přeměny austenitu již za vyšších teplot a nedosáhne se požadované tvrdosti. Je proto třeba po vyžíhání součást nově zakalit. Je však nutno překontrolovat a zajistit potřebnou ochlazovací schopnost použitého ochlazovacího prostředí, jeho teplotu i cirkulaci. Podle druhu oceli a povahy součásti lze použít ochlazovacího prostředí, které působí prudčeji. Ochlazovací schopnost vody lze zvýšit např. přídavkem asi 2,5 % sody a 0,5 % louhu sodného (NaOH) apod. Místo kalení do oleje lze použít kalení termálního, izotermického, popř. kalení přerušovaného, hysterezního apod. podle povahy součásti a zařízení, které je k dispozici. Rovněž příliš silná vrstva okují, malý objem ochlazovací lázně nebo nakupení předmětů v ochlazovací lázni zpomaluje ochlazování tak, že může být příčinou nízké tvrdosti zušlechtěné součásti.

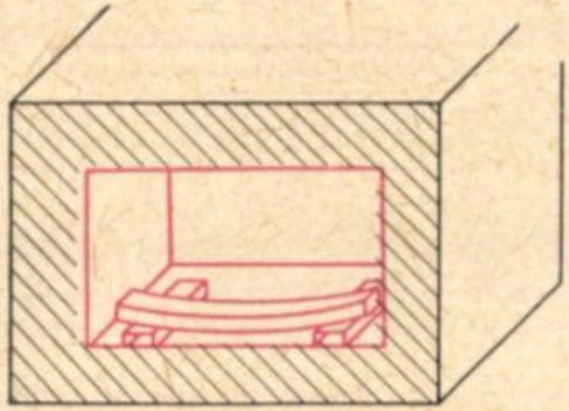
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vada	Pravděpodobná příčina	Vysvětlení příčin a jejich odstranění
Příliš nízká tvrdost po zušlechtění	Příliš vysoká popouštěcí teplota.	Při popouštění na vyšší teploty dochází k vyššímu stupni nevratných přeměn. Pokud nejde o oceli vykazující jev druhotné tvrdosti, u nichž provedeným popuštěním nebylo dosaženo maxima druhotné tvrdosti, jako u některých silně legovaných ocelí tř. 17, je třeba součásti vyžíhat, nově zakalit a popustit na správnou teplotu podle jejich povahy.
Nízká vrubová houževnatost po zušlechtění	Hrubé a nestejnoměrné zrno způsobené při tváření za tepla.	Zhrubnutí a nestejnoměrnost zrna může vzniknout při ohřevu pro tváření za tepla a nestejným stupněm tváření v různých částech předmětu. Součásti se normalizačně vyžíhají a znovu zušlechtí. Lze doporučit prudší ochlazování z popouštěcí teploty.
	Nedostatečné prokalení průřezu součásti. 	Při nedostatečném prokalení vznikají v průřezu předmětu strukturní součásti odpovídající přeměnám za vyšších teplot, zvláště ferit a perlit. Je proto nutno součásti vyžíhat, znovu zakalit do prostředí s větší ochlazovací schopností a popustit na požadovanou tvrdost. Pro toto kalení je účelné volit horní oblast předepsaných austenitizačních teplot, zabránit vzniku silnější vrstvy okují a součásti kalit jednotlivě.

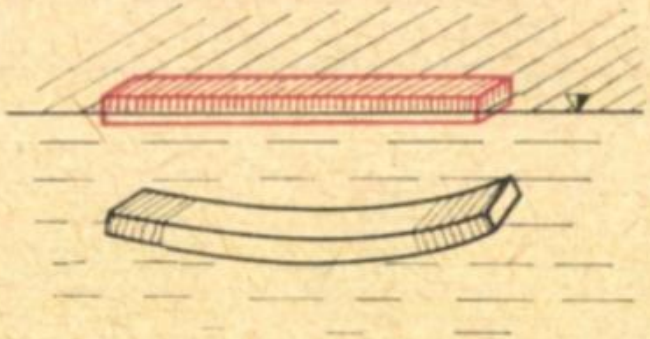
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

	Vývoj popouštěcí křehkosti.	Vývoj popouštěcí křehkosti lze zmírnit zkrácením popouštěcí doby a pokud možno zrychlením ochlazování z popouštěcí teploty. Odstranění popouštěcí křehkosti lze dosáhnout volbou oceli, méně náchylné k popouštěcí křehkosti.
	Rozptyl jakosti použité tavby.	Pokud se normalizačním žíháním a novým zušlechtěním nedosáhne požadovaných hodnot, a pokud to připouští tvar a povaha součástí, zakalí se do ostřeji působícího ochlazovacího prostředí, jako např. do vody místo do oleje, a prudčeji ochladí z popouštěcí teploty. Pokud ani to nepomáhá, zušlechtění se opakuje bez mezižíhání.
Příliš velké deformace	Nevhodné uložení součástí v peci při žíhání nebo austenitizování. 	Vnější síly, vlastní váha apod. mohou způsobit za zvýšených teplot při snížené pevnosti značné deformace. Proto je třeba zajistit správné uložení a podložení součástí v peci a zabránit jejich deformaci při manipulaci za zvýšených teplot.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

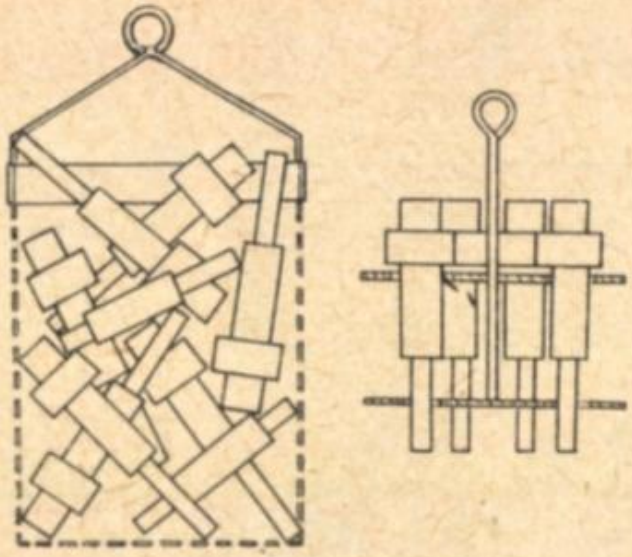
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vada	Pravděpodobná příčina	Vysvětlení příčin a jejich odstranění
Příliš velké deformace	Nerovnoměrné prohřátí při žíhání nebo austenitizaci.	Nerovnoměrné prohřátí vyvolává nestejné objemové změny. Proto je nutno zajistit stejnoměrné, nepříliš rychlé ohřívání a dostatečně dlouhou dobu výdrže na teplotě s ohledem na celou vsázku pece.
	Nerovnoměrné ochlazování. 	Nesprávným vkládáním austenitizovaného předmětu do ochlazovací lázně nebo jednostranným omýváním předmětu ochlazovacím prostředím dochází k nerovnoměrnému průběhu přeměn austenitu, a tím i ke značným deformacím. Proto je nutno zajistit správné vkládání předmětů do ochlazovací lázně a její účinnou cirkulaci. Současně mírnější ochlazování vede ke zmenšení deformací při kalení. Rovněž nevhodným uložením a nerovnoměrným ochlazováním předmětu po vyjmutí ze žíhací pece může dojít k deformacím. Proto není vhodné klást horké předměty na vlhkou a chladnou podlahu apod.
	Příliš vysoká austenitizační teplota.	Čím je vyšší austenitizační teplota, tím je větší tepelný spád při ochlazování, a tím jsou větší i deformace. Snížením austenitizační teploty na takovou míru, která ještě zaručuje dosažení požadovaných mechanických i jiných vlastností, lze zmenšit i deformace. Často lze s výhodou použít kalení termálního, izotermického, přerušovaného nebo hysterezního apod. Rovněž různé kalicí přípravky jako trny apod. nebo kalení pod lisem může, zvláště v sériové a hromadné výrobě, zabránit zvětšeným a nežádoucím deformacím kalených součástí.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Nevhodné uložení součástí při popouštění.



Strukturní přeměny, probíhající při popouštění, jsou provázeny určitými objemovými změnami a kromě toho přeměna zbytkového austenitu je podporována tahovými napětími a brzděna tlakovými napětími. Jsou-li při popouštění předměty nevhodně uloženy, může dojít k jejich deformaci. Avšak použitím vhodných přípravků lze využít popouštění k odstranění deformací. Proto je třeba věnovat potřebnou péči též uložení předmětů při popouštění.

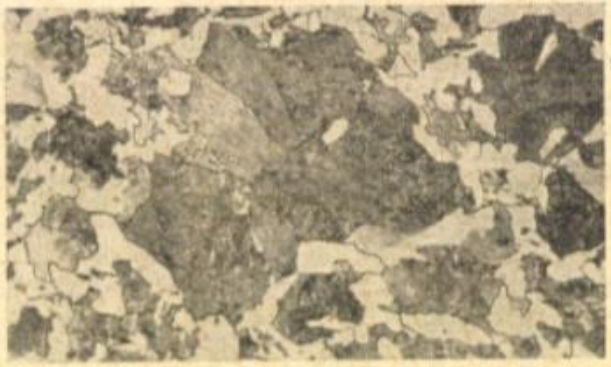
Nestejnoměrné odebrání povrchové oduhličené vrstvy.



Nestejnoměrné odebrání povrchové oduhličené vrstvy je často příčinou zvětšených deformací při tepelném zpracování. Je proto třeba již při volbě rozměru výchozího polotovaru pamatovat na dostatečné a normami stanovené přídavky, a technologickým postupem při opracování zajistit stejnoměrné a úplné odstranění oduhličené povrchové vrstvy.

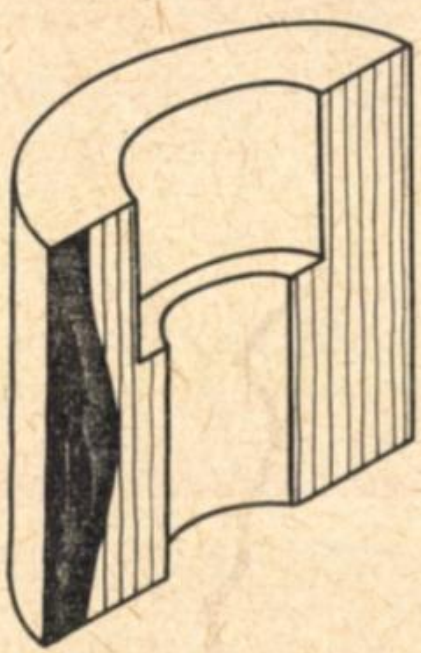
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vada	Pravděpodobná příčina	Vysvětlení příčin a jejich odstranění
Příliš velké deformace	Strukturní nestejnoměrnosti, anizotropie, vnitřní pnutí. 	Strukturní rozdíly, rozdíly v chemickém složení, orientace vyvolaná předchozím tvářením i vnitřním pnutím zvětšují deformace, objevující se zvláště po zakalení. Prudký ohřev i prudké ochlazování mají tendenci zvětšovat deformace. Jejich vlivem se blok nebo tyč zkracuje a střední část se vydouvá. Kotouč zmenšuje svůj průměr a zvětšuje tloušťku kolem středu. Celková tendence tohoto vlivu je přibližovat se tvaru koule. Prudší průběh martenzitické přeměny působí opačně v tom smyslu, že způsobuje prodlužování bloku. Vyšší obsah uhlíku a chrómu zvětšuje objemové změny při martenzitické přeměně, kdežto molybden a křemík je snižuje. Nejvhodnější výchozí struktura pro kalení ocelí se středním a nízkým obsahem uhlíku je struktura získaná normalizačním žíháním. U ocelí s vyšším obsahem uhlíku je nejvýhodnější stejnoměrná globulární struktura získaná správným vyžíháním na měkko. Účinky tváření, mechanického opracování a vnitřního pnutí lze zmírnit zařazením žíhání před kalením.
	Vliv konstrukce. 	Velké průřezové rozdíly a zvláště nesymetrické rozložení hmoty je příčinou zvýšených deformací. Ta část předmětu, která chladne pomaleji, se smršťuje později. Tím vyvolává v nejbližším okolí tahová pnutí, která mají snahu deformovat předmět v této části konkávně. Snížení deformací je možno dosáhnout vhodnou úpravou tvaru a technologickým zásahem, zabezpečujícím stejnoměrnější ochlazování součásti jako celku.

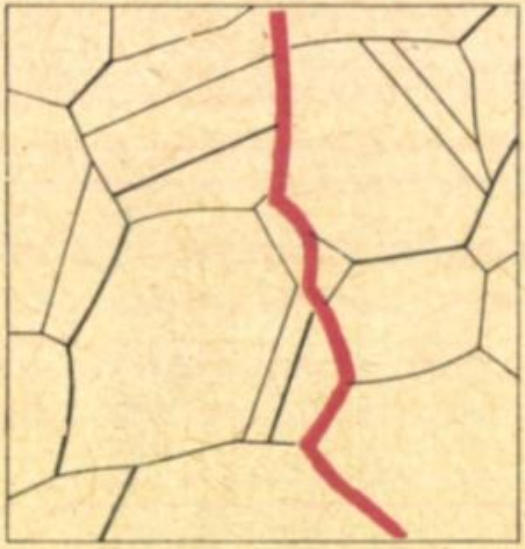
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Trhliny (praskání)	Příliš prudký ohřev na austenitizační teplotu. 	Příliš prudký ohřev na austenitizační teplotu, zvláště u bohatěji legovaných ocelí obsahujících větší množství chrómu, u nichž je snížena tepelná vodivost, může způsobit porušení celistvosti. Proto je třeba u takových ocelí zajistit pozvolné nebo stupňovité předehřívání na požadovanou teplotu.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

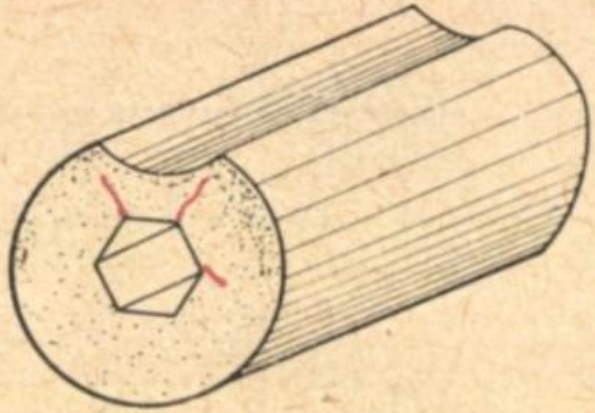
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vada	Pravděpodobná příčina	Vysvětlení příčin a jejich odstranění
Trhliny (praskání)	Příliš vysoká austenitizační teplota. 	Příliš vysoká austenitizační teplota vede nejdříve ke zhrubnutí zrna a pak k natavování níže tavitelných strukturních součástí a difúzi kyslíku po hranicích zrn, tzv. spálení. Tím vznikají velmi nepříznivé podmínky, které mají za následek nejen zhoršení mechanických vlastností, ale i porušení celistvosti. Zhrublé zrno lze odstranit normalizačním žíháním. Spálení tepelným zpracováním odstranit nelze.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

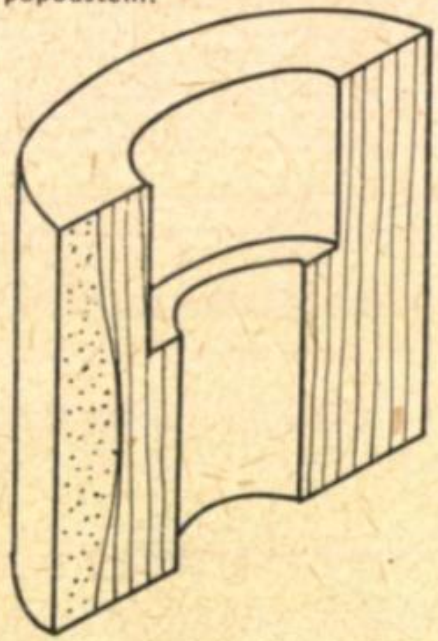
Příliš prudké ochlazování při kalení.



Při správném kalení musí být ochlazovací rychlost větší než kritická, avšak přílišné zvyšování ochlazovací rychlosti vede ke vzniku nadměrně vysokých vnitřních pnutí. Vzniká méně zbytkového austenitu, který v této fázi zpracování, jako tvárnější strukturní součást, umožňuje místní vyrovnání špičkových napětí. Martenzit vznikající při pomalejším ochlazování je houževnatější. Příliš prudké ochlazování může vést k porušení celistvosti. Proto je nutno ochlazovat mírněji, pokud to však ještě zaručuje požadované vlastnosti nebo umožňuje použít výhod, které poskytuje termální, izotermické, lomené nebo hysterezní kalení apod. Při kalení do oleje je třeba překontrolovat, zda nevnikla voda do oleje v ochlazovací lázni.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

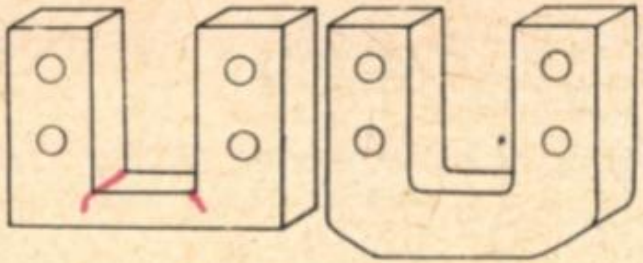
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vada	Pravděpodobná příčina	Vysvětlení příčin a jejich odstranění
Trhliny (praskání)	Opožděné popouštění. 	Ihned po zakalení doznívají ještě pochody přeměny austenitu a tím se ještě dále zvyšují vnitřní pnutí, vyvolaná předchozí martenzitickou přeměnou. Období ihned po zakalení je nejkritičtější pro popraskání součástí. Včasným popuštěním lze toto kritické období zkrátit, a tím zmenšit pravděpodobnost porušení. Vyjímáním předmětu z ochlazovací lázně před úplným prochlazením lze dále snížit nebezpečí praskání.
	Překalování již dříve zakaleného předmětu.	Je-li nutné nové zakalení předmětu, který byl již zakalen, je třeba jej napřed vyžíhat nebo alespoň popustit na vysokou teplotu, jinak vzniká značné nebezpečí jeho porušení.
	Příliš velké deformace před rovnáním.	Velké deformace po zakalení vyžadují větší namáhání při rovnání, a tím může součást snadněji prasknout. Rovněž nesprávný a příliš násilný postup rovnání může být příčinou porušení. Je proto třeba upravit celkový postup tepelného zpracování, zařadit žíhání před kalením, nebo změnit vlastní postup kalení.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

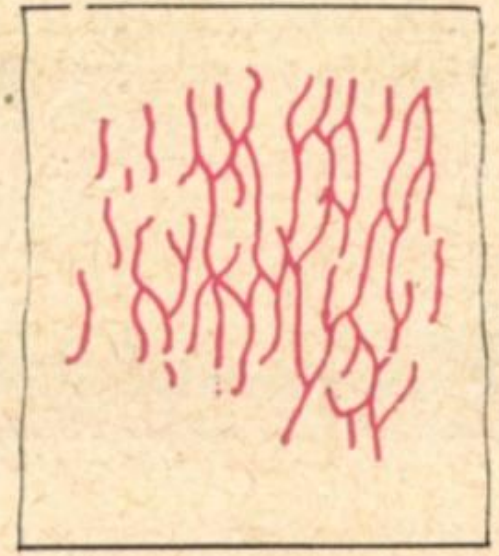
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vliv konstrukce.



Velké průřezové rozdíly a zvláště náhlé přechody, ostré hrany a kouty bez zaoblení jsou přirozenými koncentrátory napětí, které velmi zvyšují nebezpečí praskání. Úpravou tvaru, technologického postupu a volbou vhodné oceli lze nebezpečí praskání podstatně snížit.

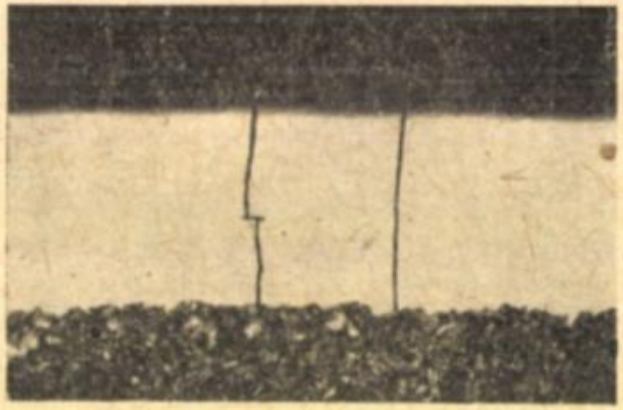
Broušení.



Použitím nesprávného brusného kotouče, nedostatečným orovnáváním, nebo velkým úběrem dochází k místnímu ohřátí povrchových oblastí předmětu v místě styku s brusným kotoučem často až na tak vysokou teplotu, že nastává nové zakalení. Tím vznikají vysoká místní pnutí, mající často za následek síťovité popraskání broušeného povrchu. Nedokonalé popuštění nebo jeho vynechání činí ocel citlivější ke vzniku brusných trhlinek. Takto porušený předmět již zpravidla nelze opravit. Účinnějším popuštěním lze náchylnost k praskání snížit.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vada	Pravděpodobná příčina	Vysvětlení příčin a jejich odstranění
Trhliny (praskání)	Vliv vodíku. 	Působením kyseliny při moření vznikají soli základního kovu a vodík v atomárním stavu. Podobně vzniká atomární vodík i při elektrolytických pochodech, jako např. při tvrdém chromování. Atomární vodík při tomto způsobu zpracování může vnikat do materiálu, a tím vyvolávat vysoká vnitřní pnutí a porušení. Toto nebezpečí je zvlášť velké u kalených součástí, vykazujících vyšší tvrdost. Ke snížení tohoto nepříznivého vlivu při moření se používá různých přísad, zvláště organických látek, tzv. inhibitorů. U nás se vyrábějí inhibitory S 9 a DBS, které se přidávají v množství asi 1 až 3 g/l do mořicích lázní, obsahujících kyselinu sírovou, solnou anebo fosforečnou. V kyselině dusičné je jejich účinek omezený. Doba moření se těmito přísadami prodlužuje asi o 10 %, ale životnost mořicí lázně je větší. Bezpečnější je čištění součástí otryskáním. Tvrdě chromované součásti se k odstranění vlivu vodíku žíhají (popouštějí) za poměrně nízkých teplot od 100 do 450 °C, podle povahy součástí. Vyšší žíhací teploty již způsobují znatelnější pokles tvrdosti chrómové vrstvy.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vzor postupu*)

Název součásti	Výrob. program	Číslo součásti	Číslo výkresu
		Materiál	
		Váha	
		Předpis požadované jakosti	
		Rozsah zkoušek	

Pol.	Operace	Zařízení	Podmínky	Vsázka

Změna	Vystavil	Schválil
	Středisko další operace	

*) Viz str. 9

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY