



Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Kontrola a měření strojních zařízení

Téma: Základy praktické metalografie – Malá metalografická vzorkovnice

Autor: Ing. Smolek Jan

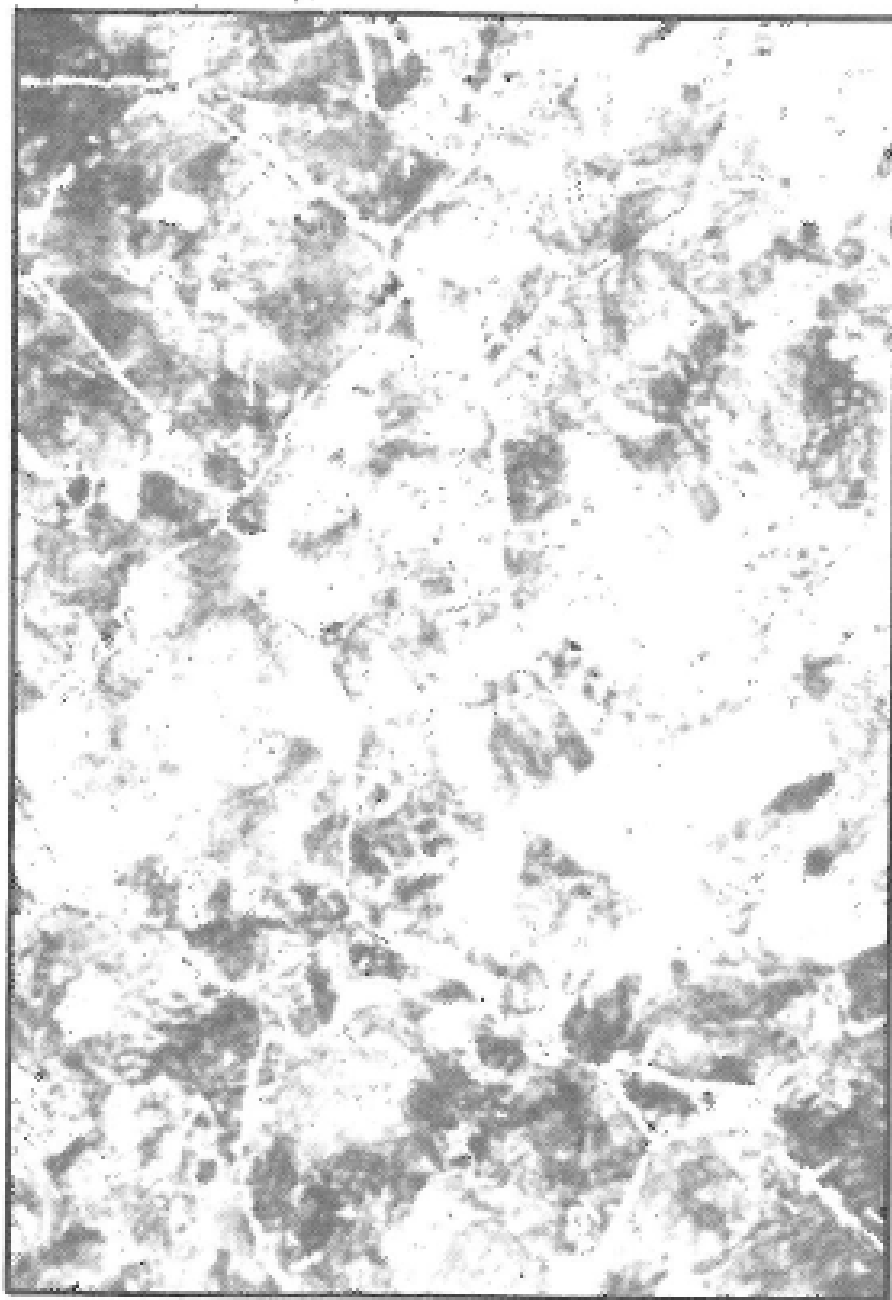
Číslo: VY_32_INOVACE_24-20

Anotace: Prezentace slouží jako podpora k výkladu o podstatě a způsobech zjišťování hustoty kapalin v technické praxi. DUM je určen především pro čtvrté ročníky všech oborů středních průmyslových škol strojnických. Materiál byl vytvořen v říjnu 2013.

Makroskopické a mikroskopické zkoušky:

- **Makroskopické zkoušky**
 - povrchových a vnitřních vad
 - chemické stejnorodosti kovu
 - makrostruktury kovu
- **Mikroskopické zkoušky**





12 050 přírodní:

Vzorek číslo	1
Materiál	12 050
Tepel.zprac.:	přírodní stav

Přírodní stav s mikrostrukturou feriticko-perlitickou, heterogenní. Ferit je vyloučen ve formě tenkého souvislého síťoví, místy formou šipek po hranicích zrn. Perlit je velmi hustý, lamelární.

Vlivem hrubozrnosti a heterogenity struktury, jsou hlavně plastické vlastnosti materiálu špatné a materiál v tomto stavu není vhodný k výrobě strojních součástí.

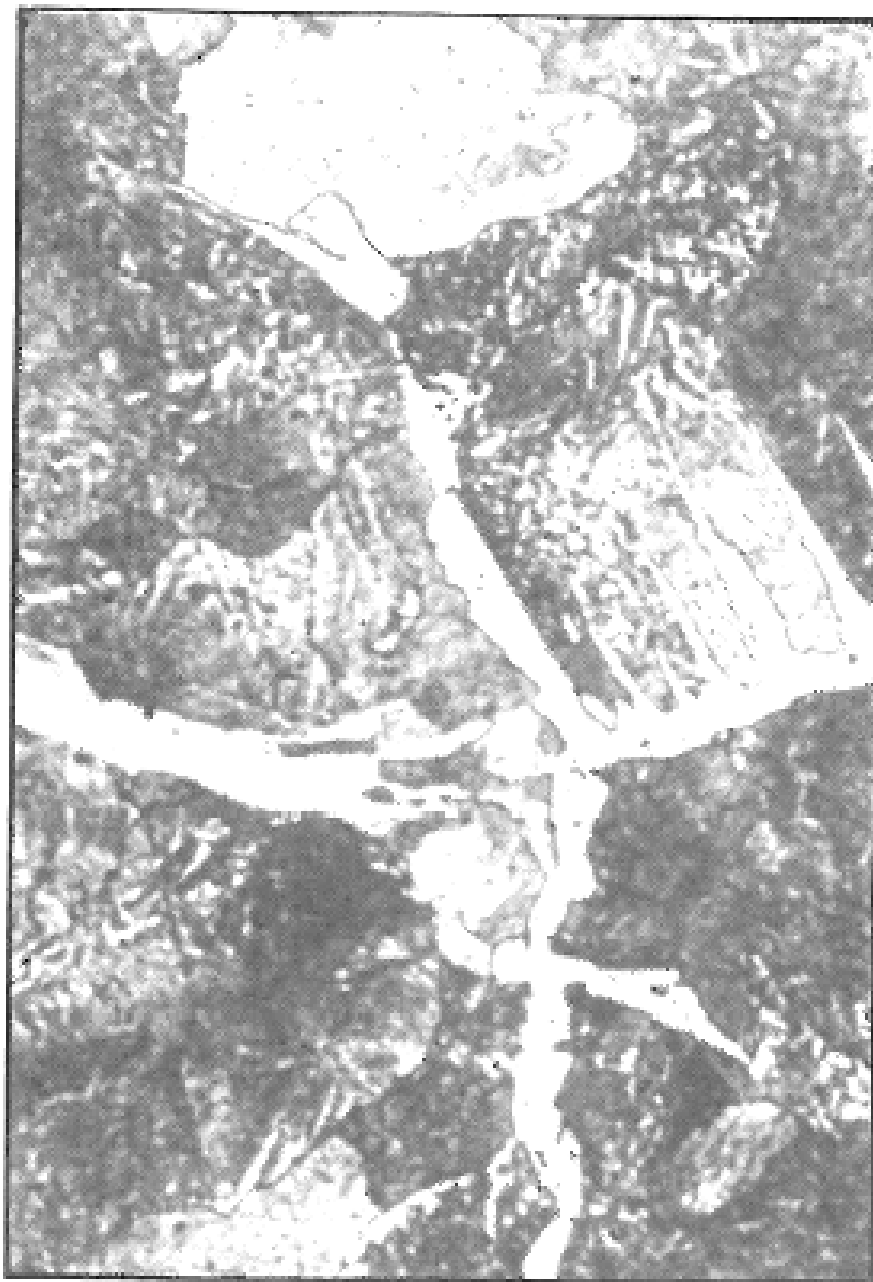
100x

Leptáno 2%nitalem

12 050 přírodní:

Na detailu mikrostruktury je vidět hranice čtyř zrn. Po hranicích je vyloučen ferit v jehlicovité i deskovité formě.

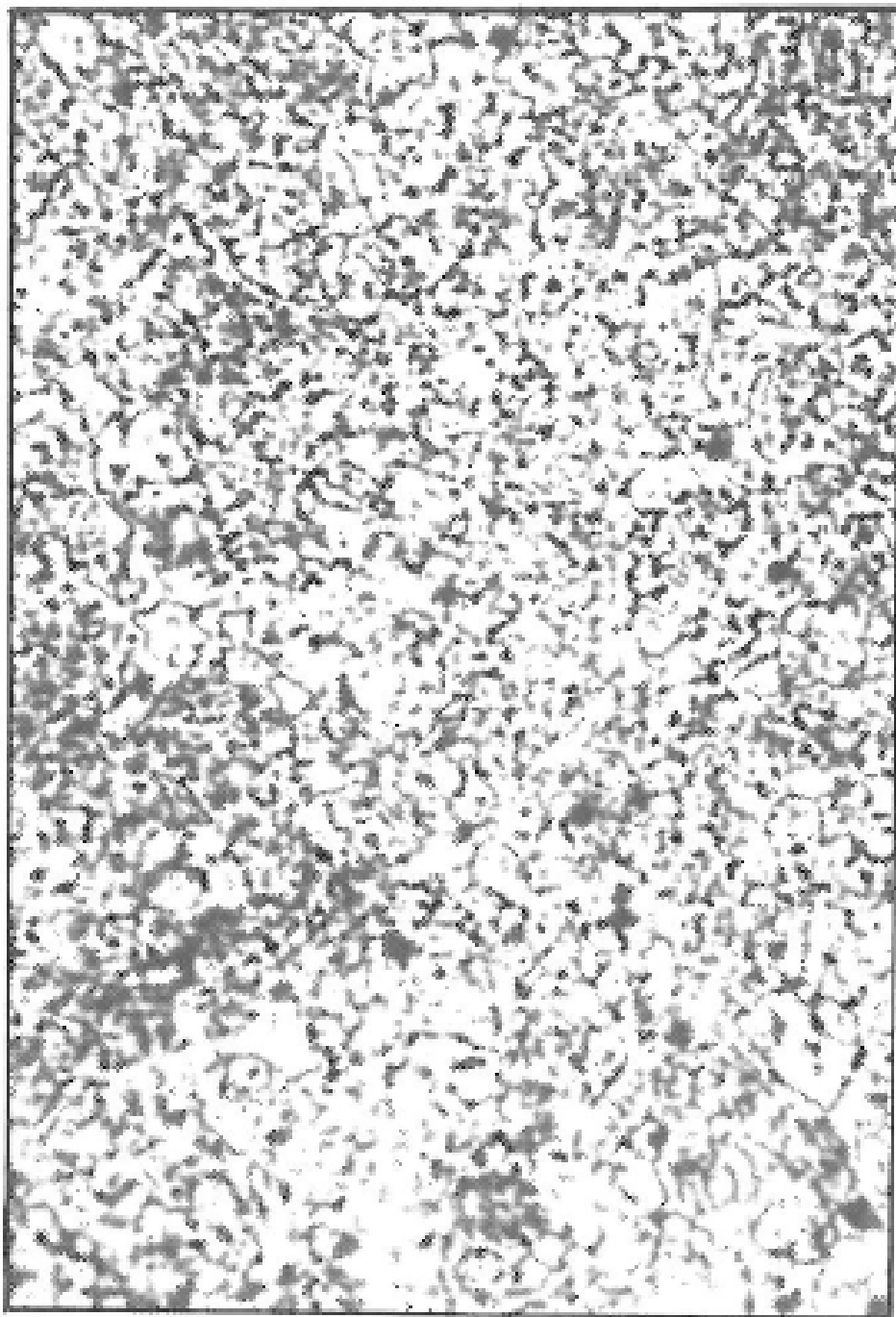
Uvnitř zrn feritu jsou drobné vměstky, působící jako centra krystalizace feritu při ochlazování.



1

500x

Leptáno 2% nitalem

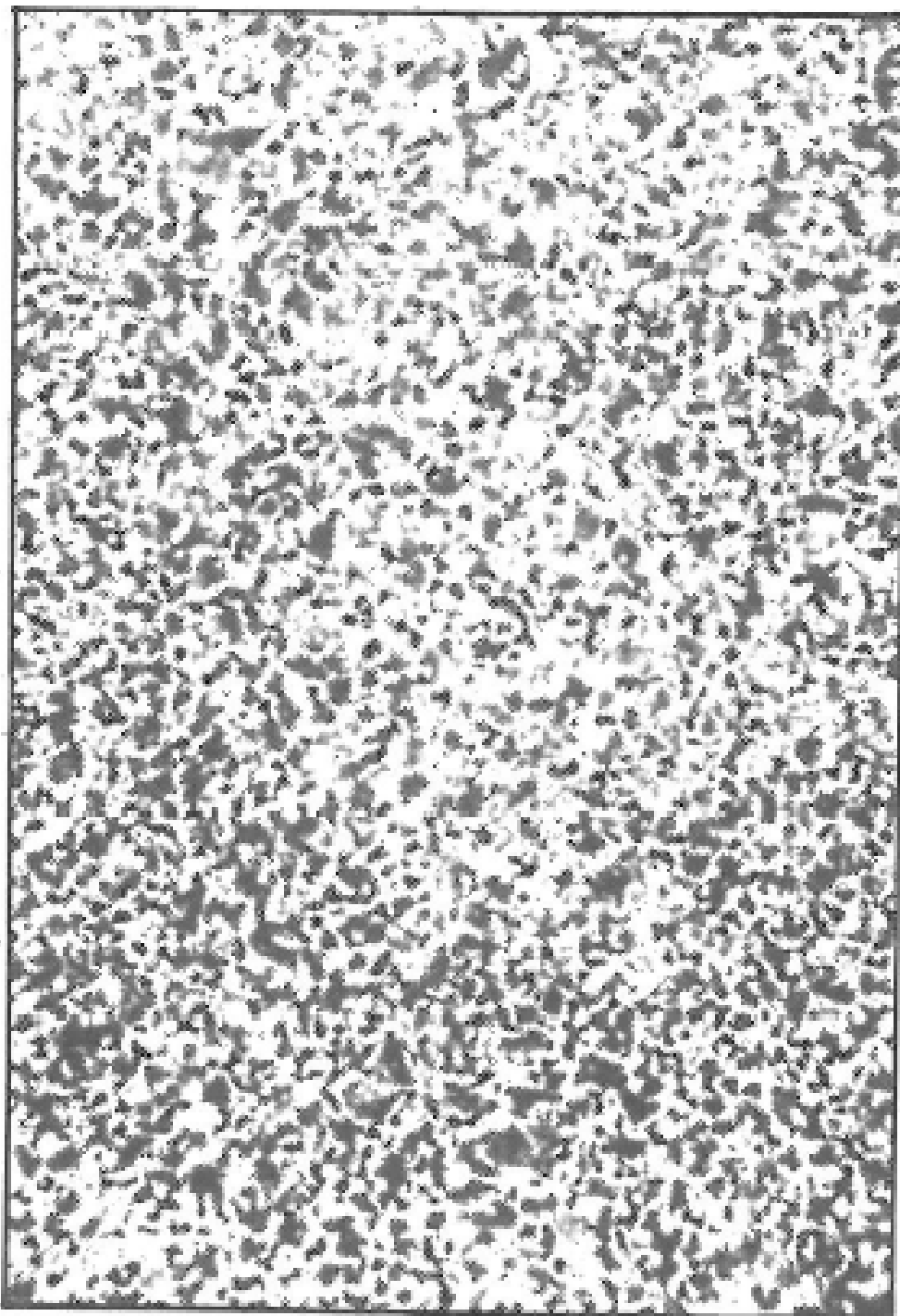


12 050 **žiháno na měkko:**

Vzorek číslo: 2
Materiál: 12 050
Tepel. zprac.: žihání naměkko
680° C (10 h) pec

Mikrostruktura je tvořena feritickou základní kovovou látkou s rovnoměrně rozloženými globulemi sferoidizovaného cementitu.

Tato mikrostruktura zajišťuje u oceli se středním a větším obsahem uhlíku velmi dobrou obrobitelnost.



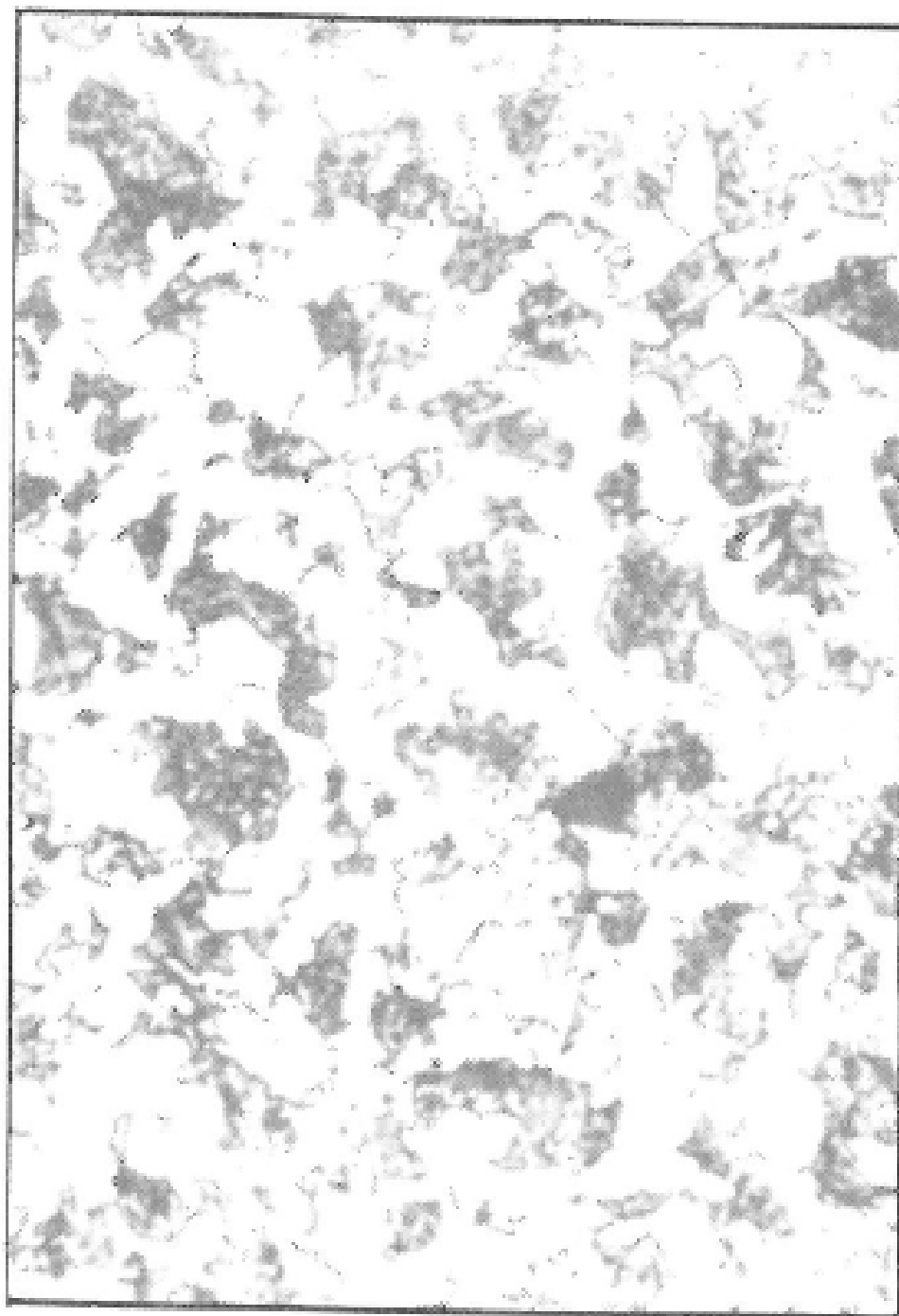
12 050 normalizačně žiháno:

Vzorek číslo: 3
Materiál: 12 050
Tepel. zprac.: normalizační žihání
880° C (30 min) vzduch

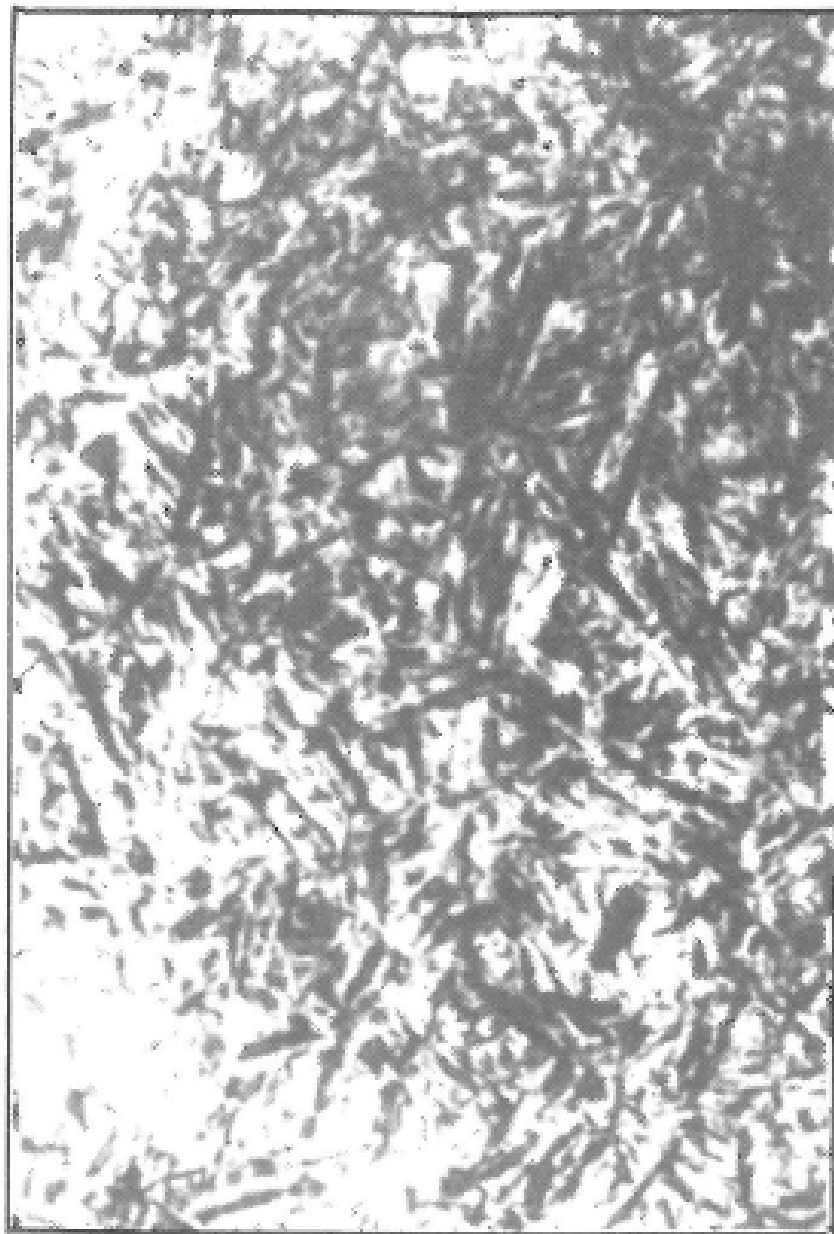
Mikrostruktura u normalizačně žihaného stavu je jemnozrná, feriticko-perlitická, homogenní. Ferit i perlit vyloučen ve formě polyedrických zrn.

V porovnání s přírodním stavem dojde k výraznému zlepšení mechanických a plastických vlastností.

Materiál v tomto stavu je možno použít pro výrobu nepříliš namáhaných strojních součástí.



Na detailu v 500 násobném zvětšení jsou vidět hranice feritických zrn a hustý lamelární perlit (nejsou rozlišitelné lamely feritu a cementitu).



12 050 kaleno:

Vzorek číslo: 4
Materiál: 12 050
Tepel.zprac.: kaleno
880° C (30 min) voda

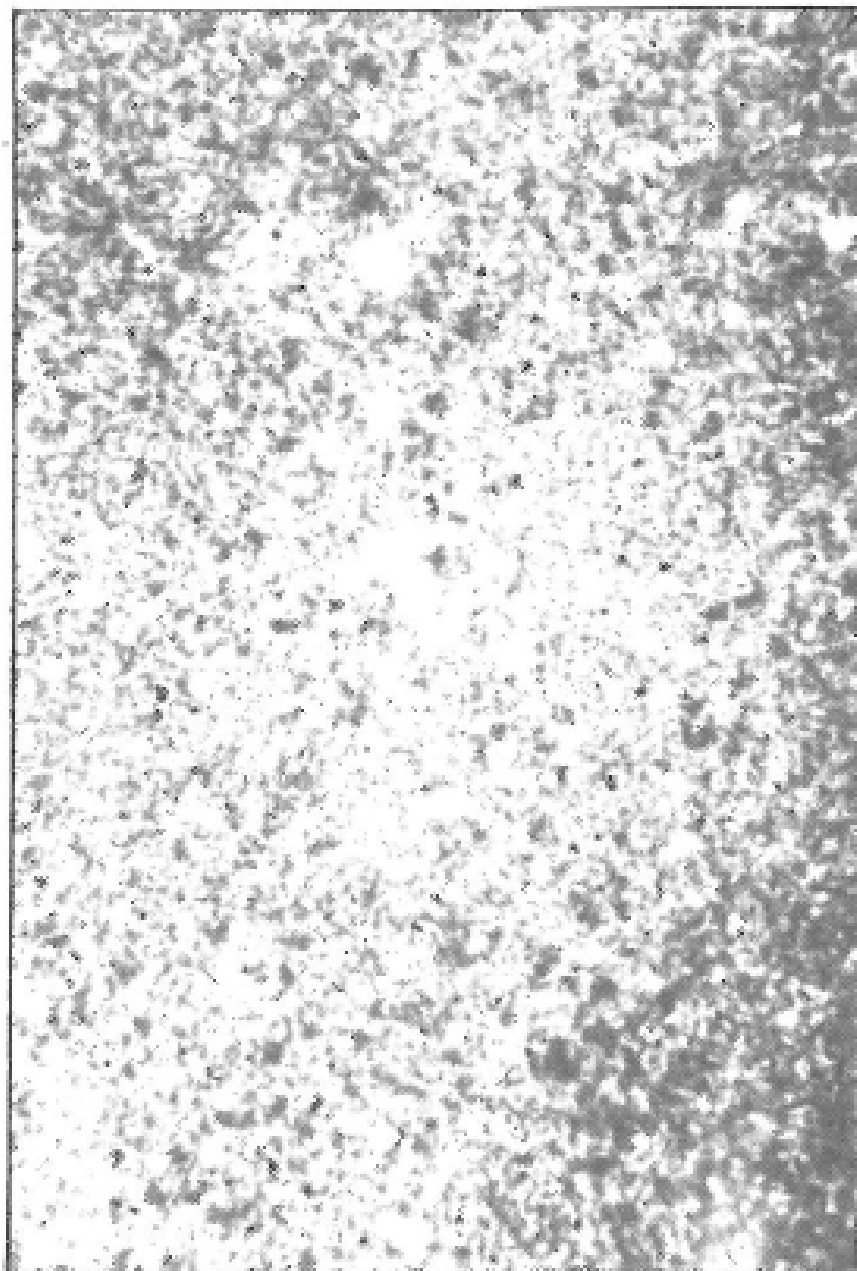
Mikrostruktura je tvořena typickými jehlicovitými útvary martenzitu při středním obsahu uhlíku. Velikost jehlic je dána rozměrem austenitického zrna, které je ovlivňováno teplotou a dobou výdrže na teplotě.

Materiál v tomto stavu je charakterizován velkou pevností a tvrdostí (odolnost proti otěru), avšak špatnými vlastnostmi plastickými (citlivost vůči rázu).

4

500x

Leptáno 2%nitalem



12 050 zušlechtěno:

Vzorek číslo: 5
Materiál: 12 050
Tepel.zprac.: zušlechtěný stav
870° C (30 min) olej
580° C (90 min) voda

Mikrostruktura je tvořena heterogenním sorbitem a místy po hranicích zrna vyloučeným proeutektoidním feritem.

Sorblická struktura v porovnání se stavem kaleným má sice menší pevnost, avšak plastické vlastnosti jsou podstatně lepší.

Strojní součásti s touto mikrostrukturou jsou hlavně u oceli s malým a středním obsahem uhlíku velmi odolné proti rázům.

5

100x

Leptáno 2%nitalem

12 050
zušlechtěno:

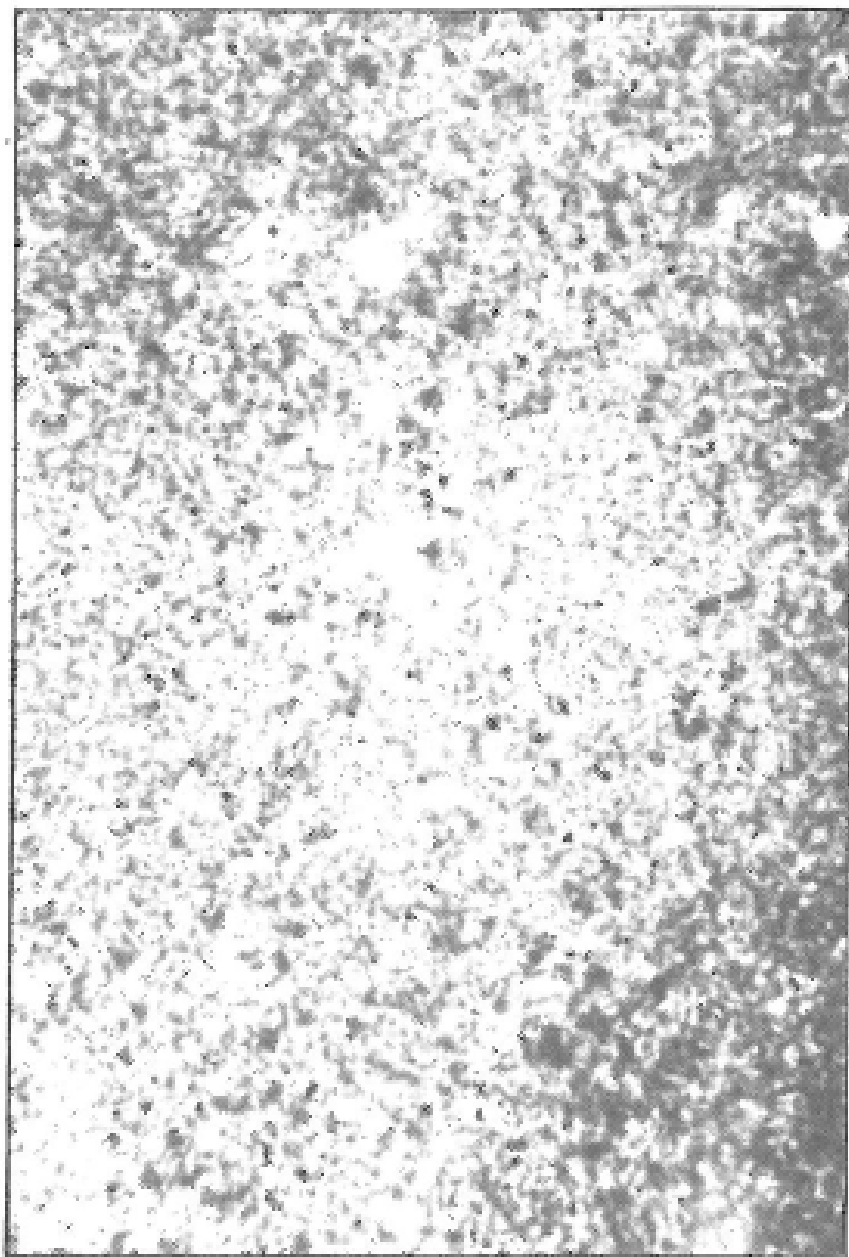
Detail při 500 násobném zvětšení ukazuje vyloučení proeutektoidního feritu po hranicích původních zm γ , jako důsledek nízké kalící teploty (podkalení).

5



500x

Leptáno 2% nitalém



12 050 zušlechtěno:

Vzorek číslo: 5
Materiál: 12 050
Tepel.zprac.: zušlechtěný stav
870° C (30 min) olej
580° C (90 min) voda

Mikrostruktura je tvořena heterogenním sorbitem a místy po hranicích zrna vyloučeným proeutektoidním feritem.

Sorbitická struktura v porovnání se stavem kaleným má sice menší pevnost, avšak plastické vlastnosti jsou podstatně lepší.

Strojní součásti s touto mikrostrukturou jsou hlavně u ocelí s malým a středním obsahem uhlíku velmi odolné proti rázům.

5

100x

Leptáno 2%nitalem



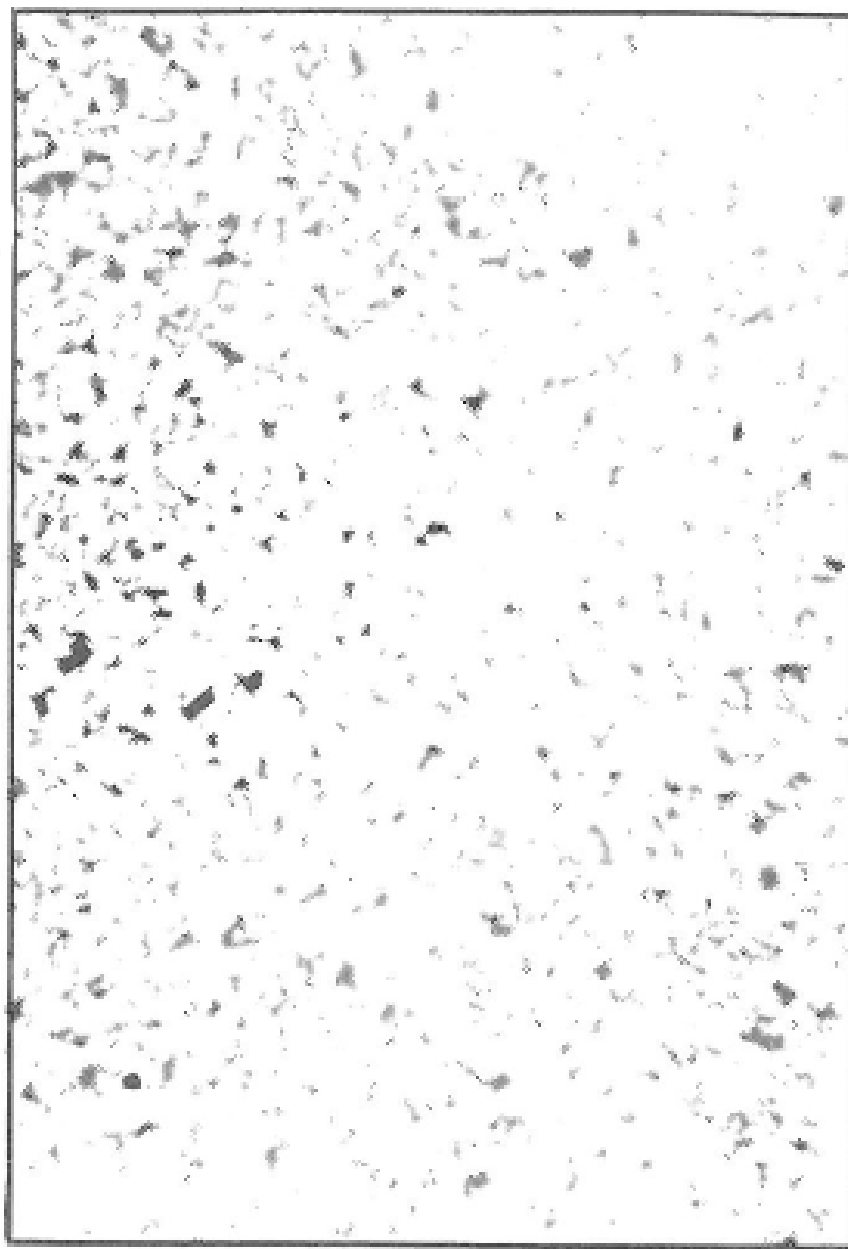
5

500x

Leptáno 2% nitalem

**12 050
zušlechtěno:**

Detail při 500 násobném zvětšení ukazuje vyloučení proeutektoidního feritu po hranicích původních zrn gama, jako důsledek nízké kalici teploty (podkalení).



12 020

normalizačně žíháno:

Vzorek číslo: 6
Materiál: 12 020
Tepel. zprac.: normalizační žíhání
900° C (30min) vzduch

Mikrostruktura je jemnozrná, homogenní, feriticko-perlitická. Vzhledem k malému obsahu C převažuje ve struktuře ferit, který je měkký a plastický. Tím jsou dány mechanické vlastnosti materiálu, charakterizované menší pevností a mezí kluzu, naopak však výbornými vlastnostmi plastickými.

6

100x

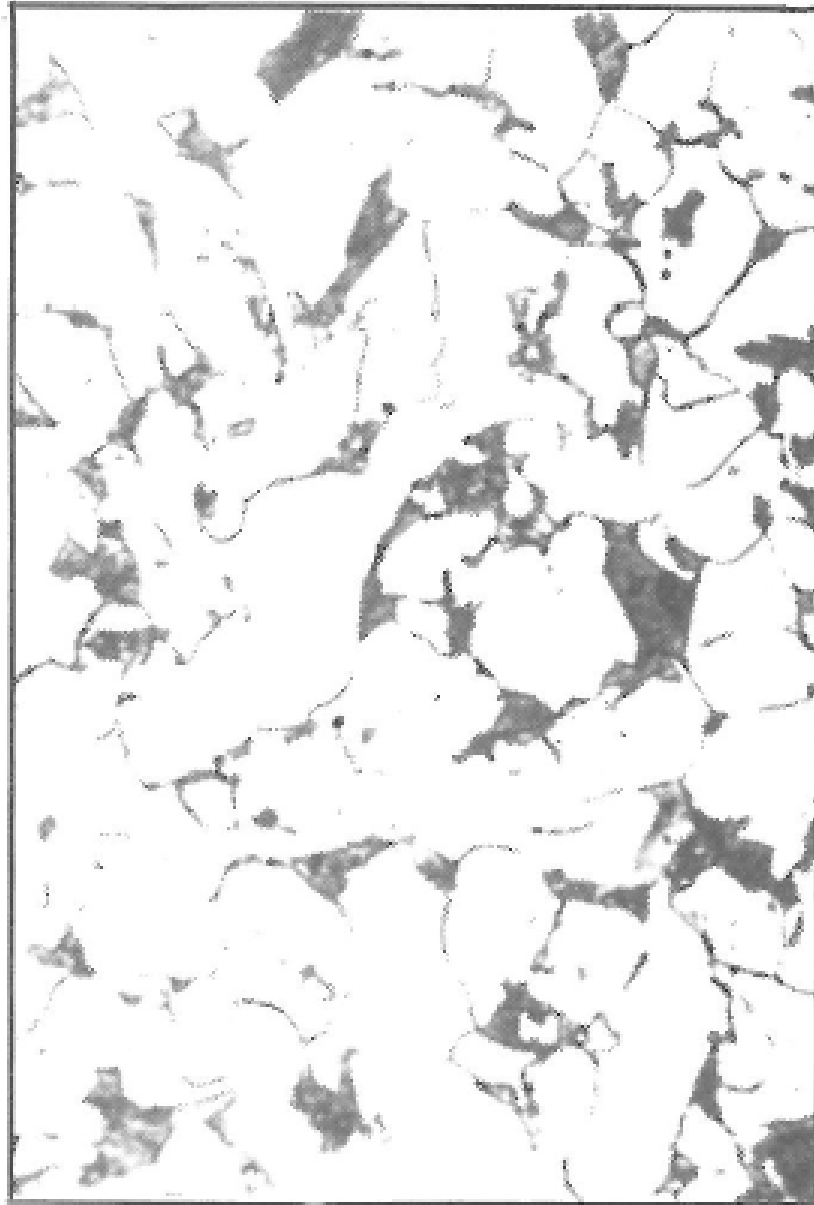
Leptáno 2%nitalemí

12 020
normalizačně žíháno:

Vzorek číslo: 6

Detail feriticko-perlitické struktury při 500 násobném zvětšení ukazuje názorně jednotlivé strukturní složky. Velmi dobře jsou viditelné hranice sekundárního zrna.

6



500x

Leptáno 2%nitalem

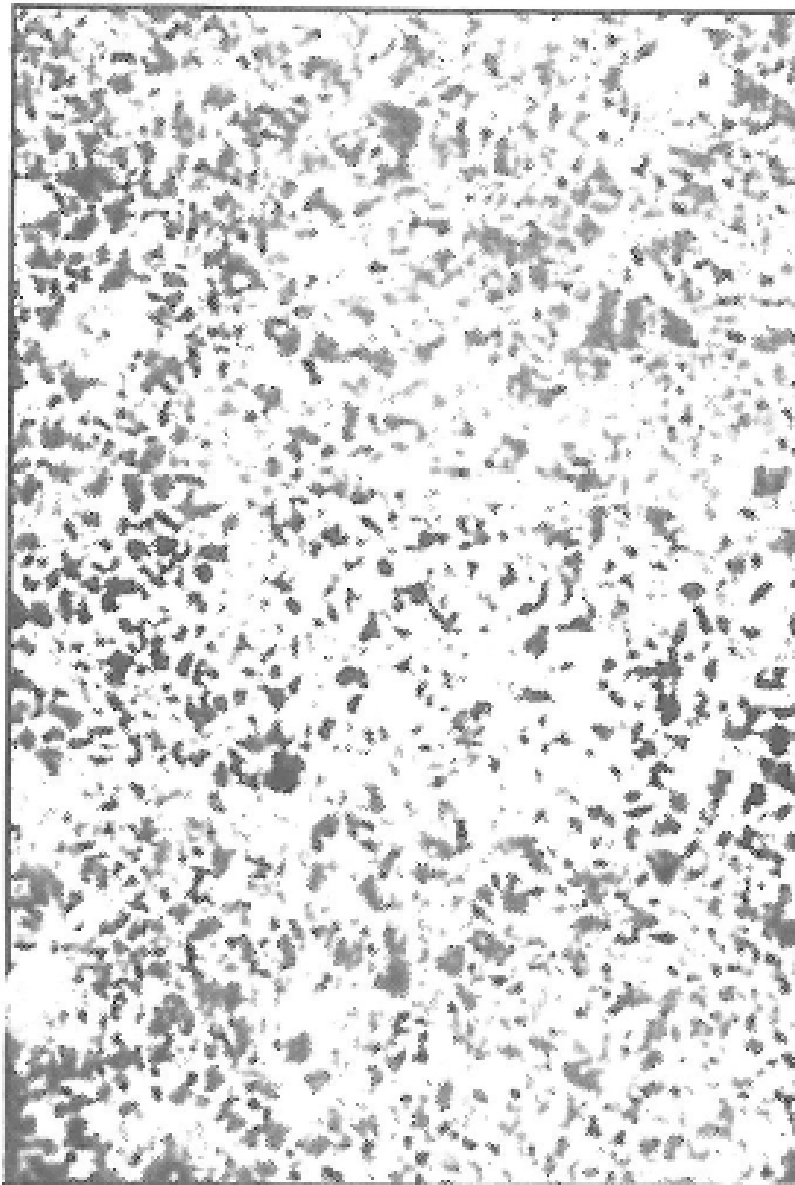
12 050 normalizačně žíháno:

Vzorek číslo: 7
Materiál: 12 050
Tepel. zprac.: normalizační žíhání
880° C (30 min) vzduch

Mikrostruktura je jemnozrná, feriticko-perlitická.

Vzhledem k střednímu obsahu C je poměr mezi feritem a perlitem přibližně 1 : 1.

Zvětšený obsah perlitické složky vede k růstu pevnostních vlastností.



7

100x

Leptáno 2% nitalém



19 191 normalizačně žíháno:

Vzorek číslo: 8
Materiál: 19 191
Tepel. zprac.: normalizační žíhání
900° C (60 min) vzduch

Mikrostruktura je tvořena hustým lamelárním perlitem a sekundárním cementitem, vyloučeným po hranicích zrn.

Nadeutektoidní oceli, takto tepelně zpracované, jsou vlivem cementitu vyloučeného po hranicích zrn křehké a pro výrobu strojních součástí se nehodí.

Tvrdost je vlivem značného obsahu C podstatně větší, než u předchozích vzorků.

8

500x

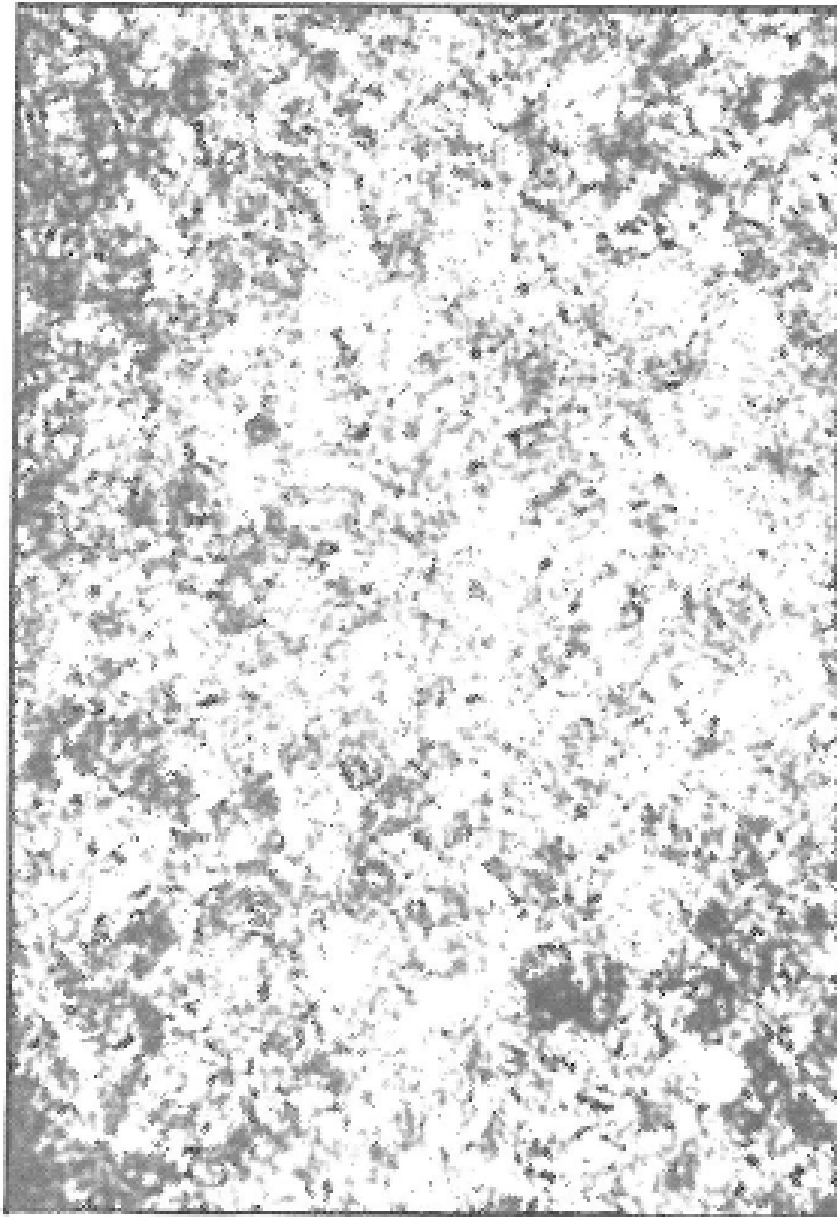
Leptáno 1 % nitalem

14 220 kaleno:

Vzorek číslo: 9
Tepel.zprac.: kalený stav
900° C (30 min) olej
Materiál: 14 220

Mikrostruktura je tvořena středně jemným martenzitem při malém obsahu uhlíku a dolním bainitem.

Základné struktury při malém obsahu C jsou typické tím, že kromě zvětšené pevnosti a tvrdosti mají i dobré vlasti plastické.



9

100x

Leptáno 2%nitalem

**14 220
kaleno:**

Vzorek číslo: 9

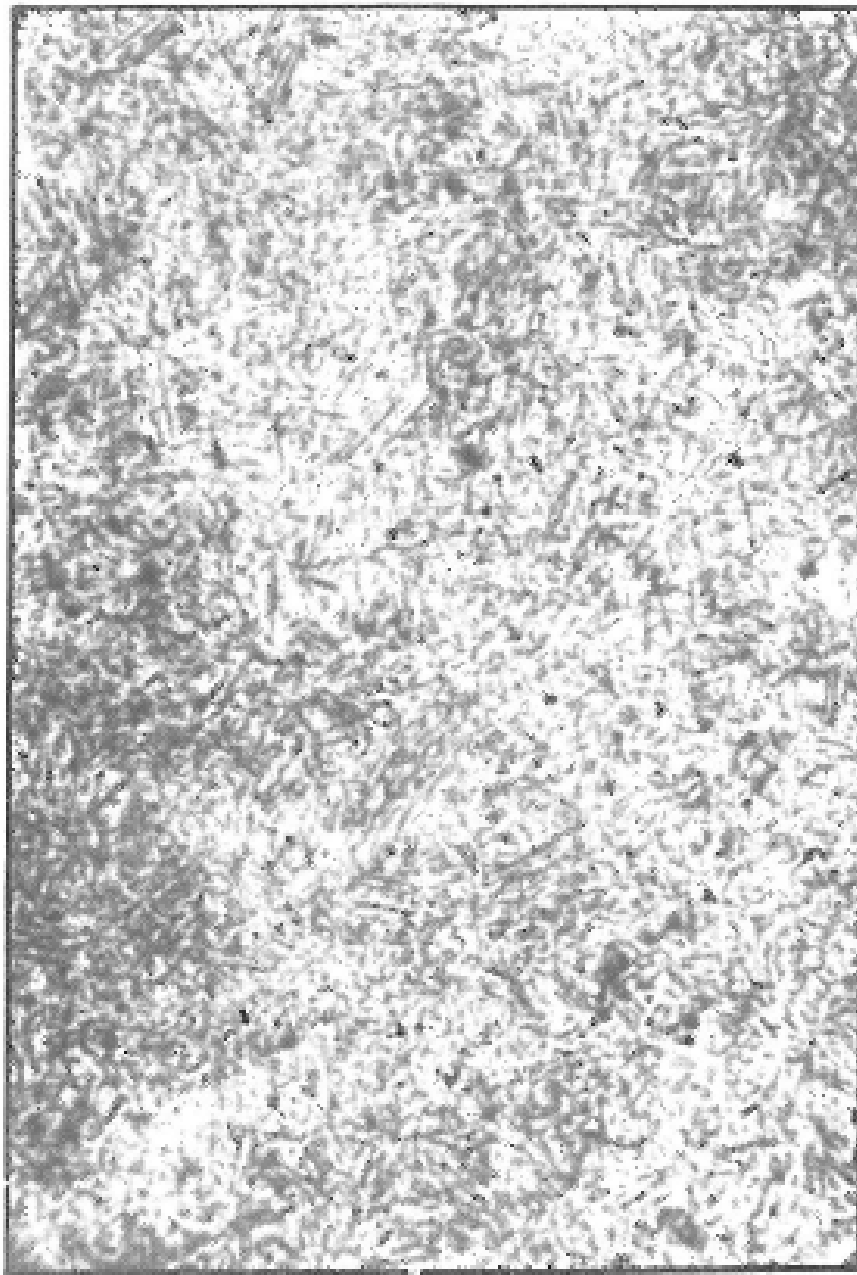
Detaili při 500 násobném zvětšení ukazuje světlejší strukturní jehlicovitou fázi martenzitickou a tmavší jehlice dolního bainitu.

9



500x

Leptáno 2% nítalem



15 241 kaleno:

Vzorek číslo: 10
Materiál: 15 241
Tepel. zprac.: kalený stav
870° C (30 min) olej

Mikrostruktura je tvořena výrazně jehlicovitým středně uhlíkovým martenzitem a menším podílem bainitické fáze.

Při 100 násobném zvětšení je dobře viditelný rozdíl v ostrosti jehlic proti martenzitu s malým obsahem uhlíku.

Až do obsahu C max. 0,4% má i středněuhlíkový martenzit ještě dobré vlastnosti plastické, čehož se využívá u velkopevnostních ocelí s pevností do 2 GPa.

10

100x

Leptáno 2%nitalem

**15 241
kaleno:**

Vzorek číslo: 10

Detail při 500 násobném zvětšení ukazuje směs základních struktur vzorku s výraznými jehlicemi.

10



500x

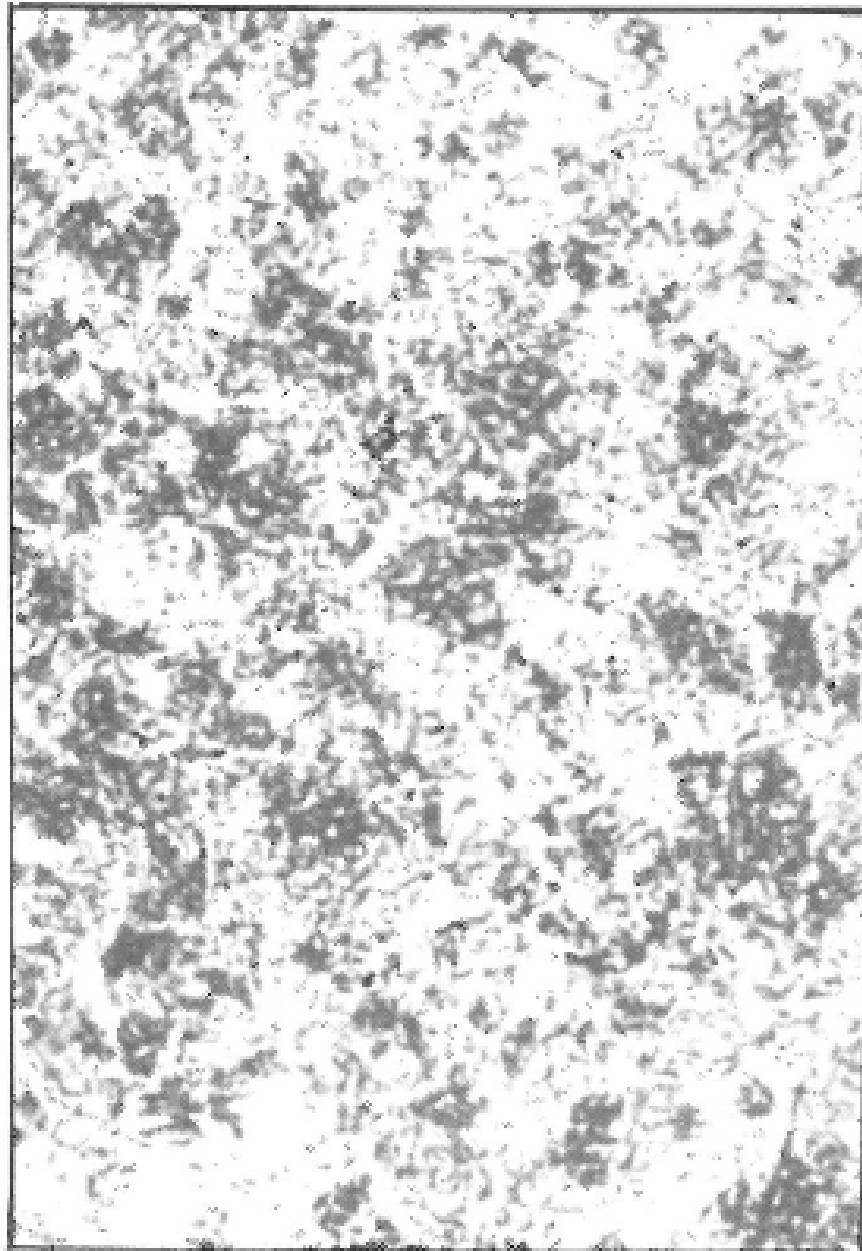
Leptáno 2% nital

14 109 kaleno:

Vzorek číslo: 11
Materiál: 14 109
Tepel. zprac.: kalený stav
870° C (30 min.) olej

Mikrostruktura je tvořena martenzitem s větším obsahem uhlíku a drobnými nadeutektoidními karbidy, rovnoměrně rozloženými v základní kovové látce. Tato mikrostruktura odpovídá správně provedenému kalení nadeutektoidních ocelí. Je vhodná pro výrobu kuličkových ložisek.

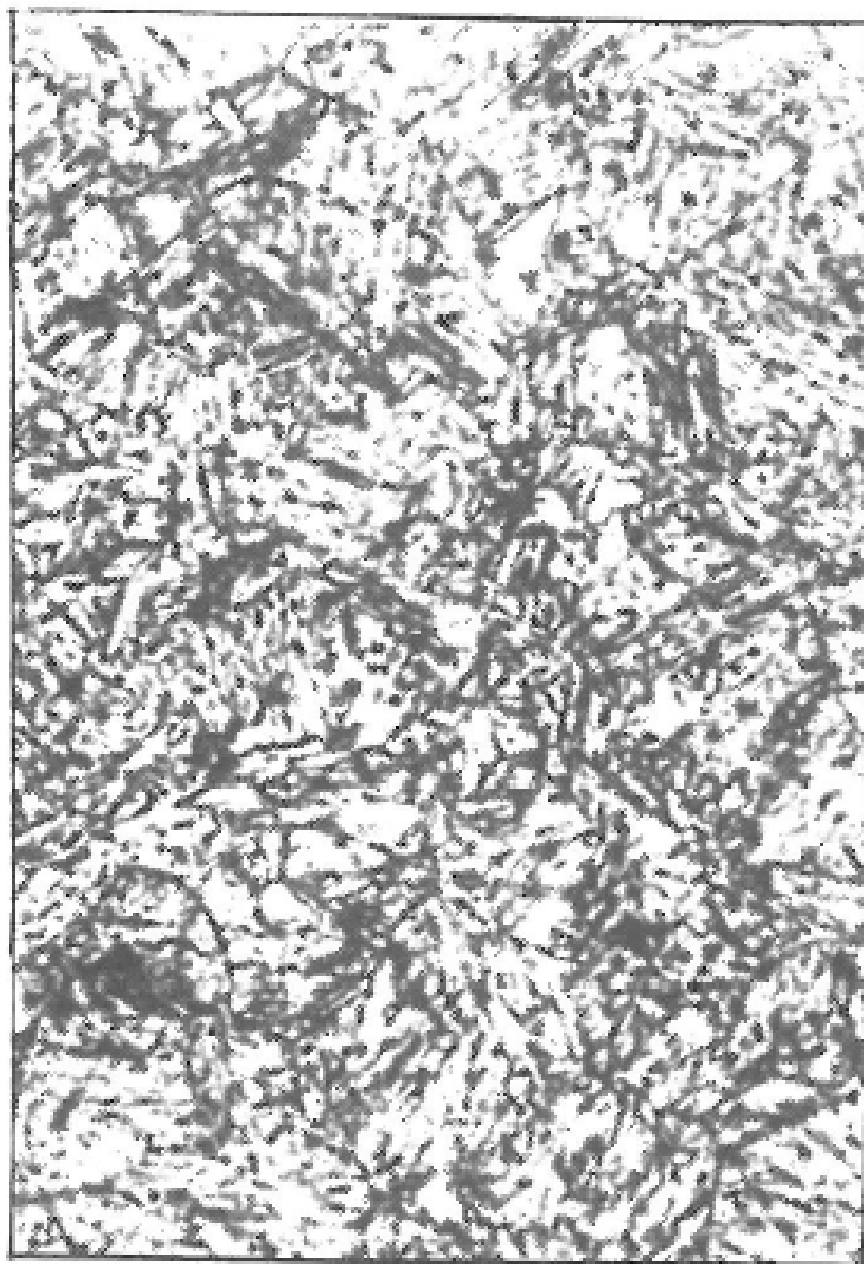
Při přehřátí a úplném rozpuštění karbidů vzniká listový martenzit s velmi špatnými plastickými vlastnostmi.



11

500x

Leptáno 1%nitalem



14 220 kaleno:

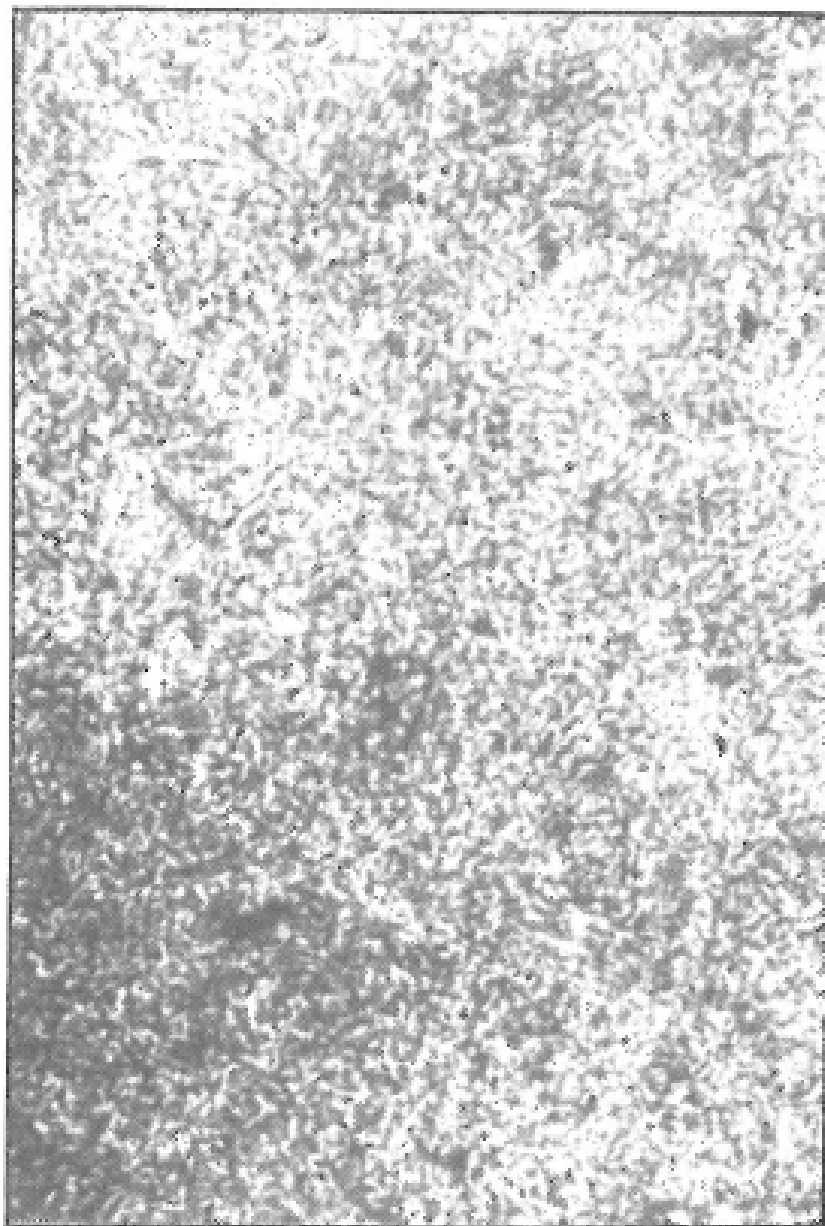
Vzorek číslo: 12
 Materiál: 14 220
 Tepel. zprac.: kalený a popuštěný stav
 900° C (30 min) olej
 580° C (90 min.) voda

Mikrostruktura je tvořena mírně heterogenním sorbitem, sledujícím původní jehlice základních struktur. Proti stavu kalenému je mikrostruktura charakterizována menšími pevnostními vlastnostmi, avšak vzrůstem plastických vlastností v závislosti na popouštění teplotě.

12

500x

Leptáno 2% nitalem



15 241 kaleno a popuštěno:

Vzorek číslo: 13
Materiál: 15 241
Tepel. zprac.: kalený a popuštěný stav
870° C (30 min) olej
680° C (90 min) voda

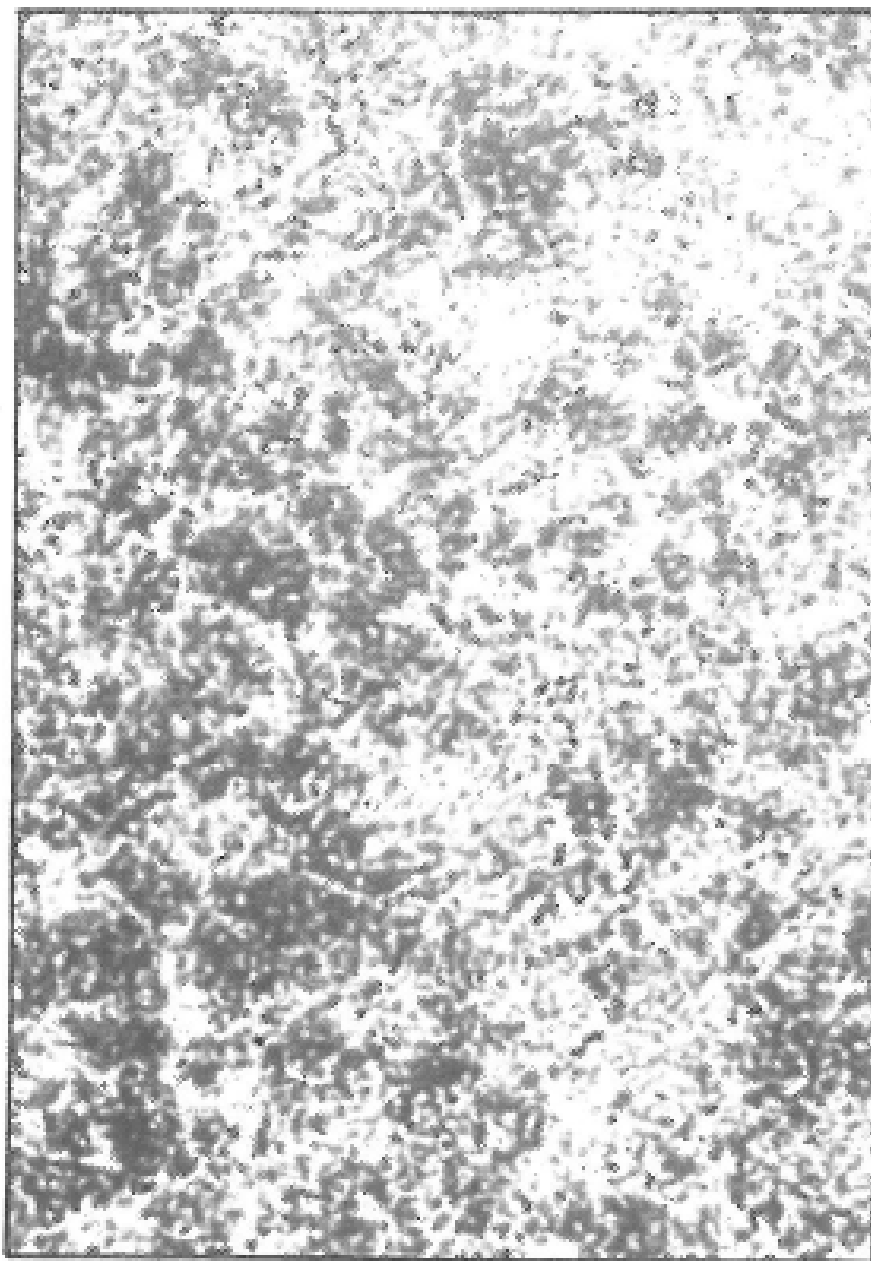
Mikrostruktura je tvořena typickým sorbitem, který vzniká při popouštění na horní hranici v rozmezí popouštěcích teplot.

Proti vzorku č. 12 dochází k dalšímu zmenšení pevnostních vlastností a vzrůstu vlastností plastických.

13

500x

Leptáno 2% nitalem



14

Leptáno 1% nitalem

500x

14 109 kaleno a nízko popuštěno:

Vzorek číslo: 14
Materiál: 14 109
Tepel. zprac.: stav kalený a nízko popuštěný
840° C (30 min) olej
200° C (90 min) vzduch

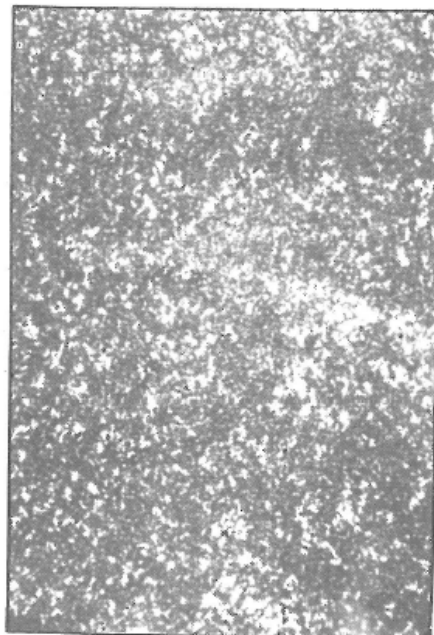
Mikrostruktura je tvořena nízkopopuštěným martenzitem a drobnými, rovnoměrně rozloženými karbidy.

Nízkoteplotní popouštění zmenšuje tetragonálnost martenzitu a tím strukturní pnutí. Zároveň se odstraňuje z malé části i pnutí tepelné.

19 436 kaleno a nízko popuštěno:

kyselina solná 10 ml
kyselina dusičná 5 ml
kyselina sírová 1 ml
metylalkohol 100 ml
(Snyder - Graff)

15



100x

Vzorek číslo: 15
Materiál: 19 436
Tepel. zprac.: stav kalený a nízko popuštěn
790° C (30 min) olej
300° C (90 min) vzduch

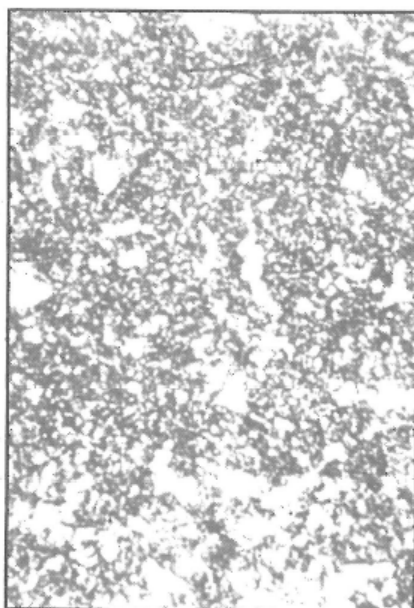
Mikrostruktura ledeburitické nástrojové oceli je tvořena základní kovovou látkou nízko-popuštěného martenzitu a karbidy, jednak ve formě drobných oválných tvarů a jednak ve formě ostrohranných ledeburitických karbidů.

Rovnoměrné rozložení karbidické fáze bez výrazné řádkovitosti nebo sířoví zajišťuje dobrou řezivost a odolnost proti otěru při vyhovujících vlastnostech plastických.

Nízkoteplotní popuštění základní martenzitické látky zajišťuje houževnatost nutnou k zamezení vyštipávání karbidické fáze z ostrých hran a břitů.

kyselina solná 1,19 5 ml
kyselina pikrová 1 ml
etylalkohol 96% 95 ml
(Vilella, Bain)

15

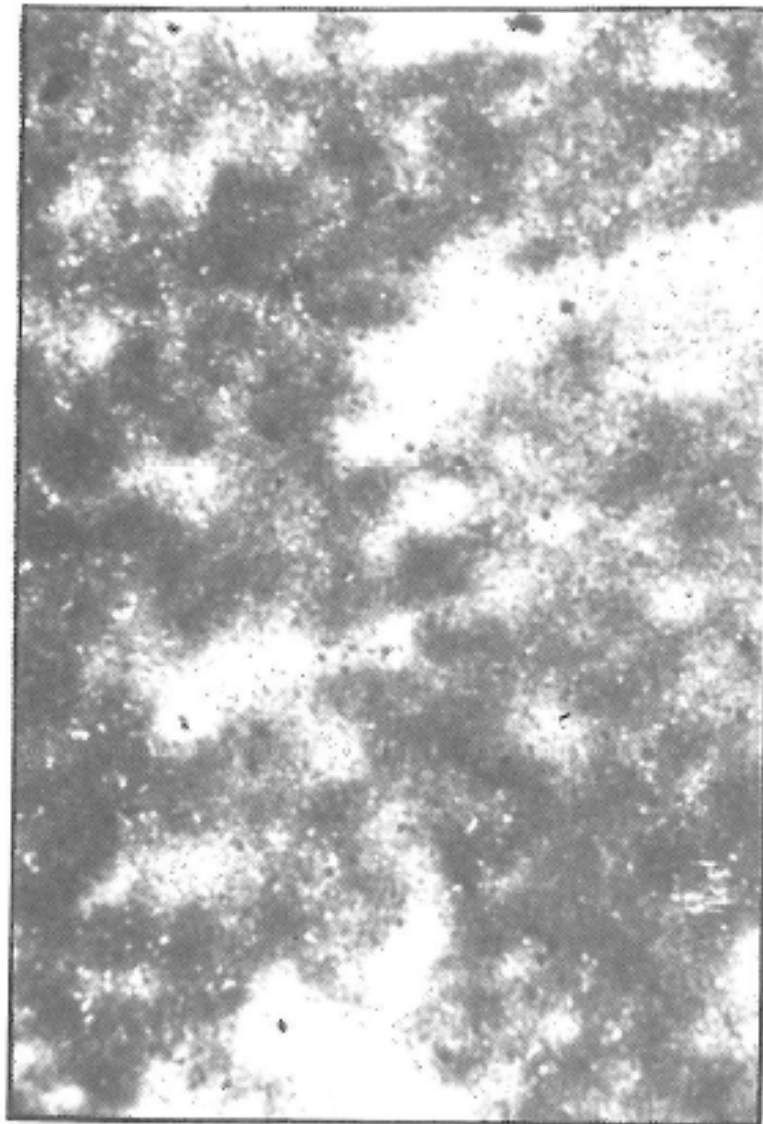


500x

19 824 kaleno:

Vzorek číslo: 16
Materiál: 19 824
Tepel. zprac.: stav kalený
1260° C (1,5 min.) sůl GS 430

Při 100násobném zvětšení je viditelná heterogenost mikrostruktury, způsobená jak chemickou heterogeností, vzniklou jako důsledek neselekčnosti tuhnutí, tak i zvětšeným obsahem zbytkového austenitu, hlavně v místech karbidických shluků.



16

100x

kyselina solná 1,19	5 ml
kyselina pikrová	1 ml
etylalkohol 96%	95 ml
(Vilella, Bain)	

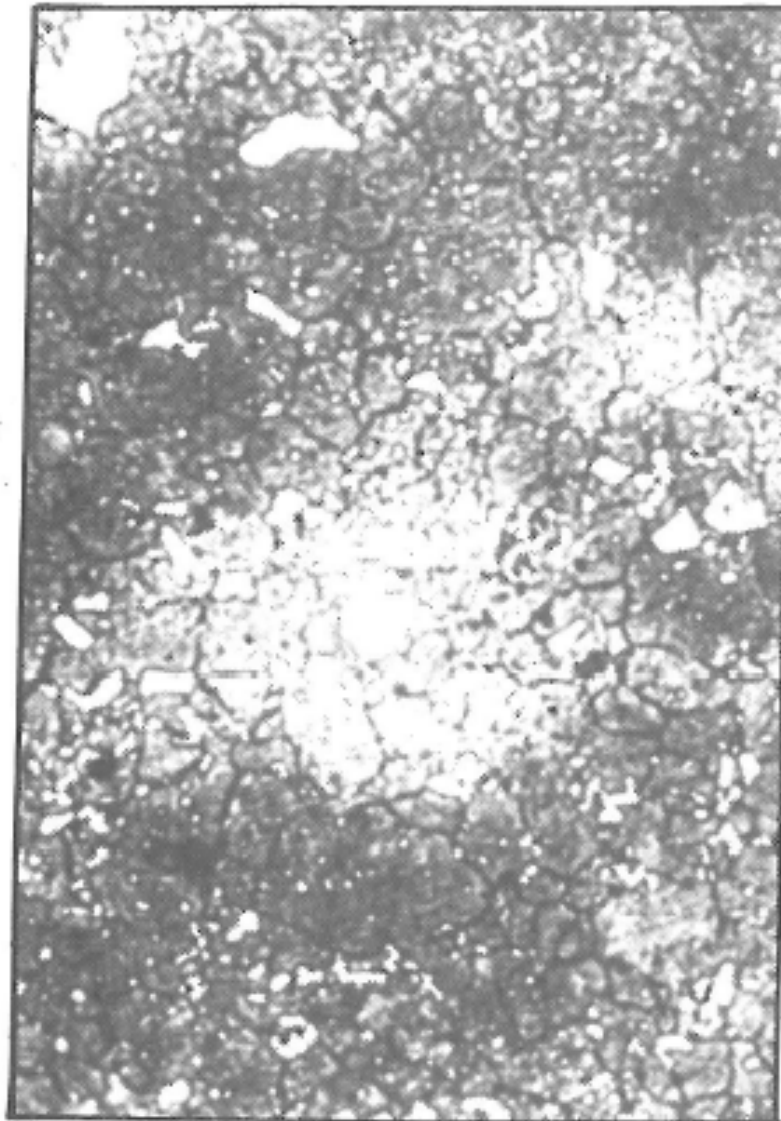
19 824 kaleno:

Vzorek číslo: 16

Detailní snímek při 500 násobném zvětšení ukazuje mikrostrukturu tvořenou martenzitem (tmavá fáze) a martenzitem se zvětšeným obsahem zbytkového austenitu (světlejší fáze) v okolí shluků ostrohranných karbidů. Jsou viditelné i hranice středně jemného zrna.

Rovnoměrné rozložení karbidické fáze a poměrně jemné zrna dává za předpokladu odstranění zbytkového austenitu dobrou řezivost, odolnost proti otěru a proti popuštění.

16



500x

kyselina solná 1,19	5 ml
kyselina pikrová	1 ml
etylalkohol 96%	95 ml
(Vilella, Bain)	

19 824

kaleno a popuštěno:

Vzorky číslo: 17,18,19
Materiál: 19 824
Tepel.zprac: kaleno
1260° C (1,5 min) GS
a popuštěno:

Na mikrostruktuře těchto vzorků je viditelný postupný rozpad zbytkového austenitu v závislosti na počtu popouštěcích cyklů.

Po 4 násobném popuštění není žádný metalograficky viditelný zbytkový austenit. Struktura dosáhla pseudorovnovážného stavu asi s 8 až 10% zbytkového austenitu, který nelze dalším popouštěním rozložit.

19 824 kaleno a popuštěno:

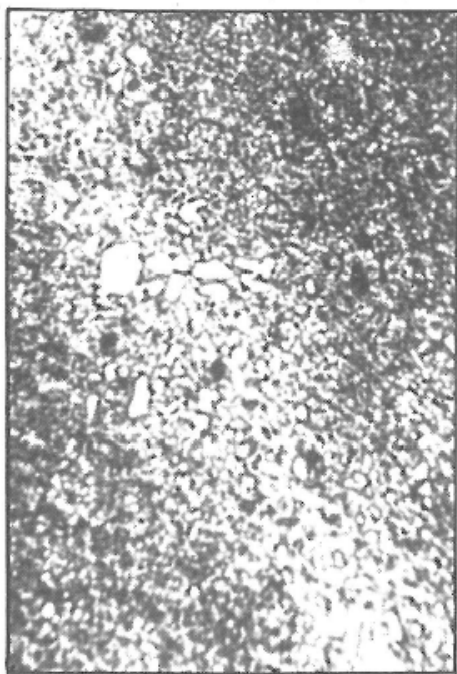
vz.č. 17 - 1 x 560° C (60 min.) vzduch

vz.č. 18 - 2 x 560° C (60 min.) vzduch

vz.č. 19 - 4 x 560° C (60 min.) vzduch

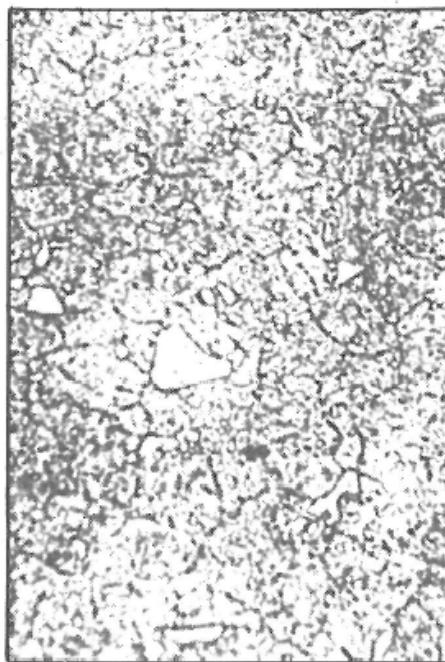
kyselina solná 1,19	5 ml
kyselina pikrová	1 ml
etylalkohol 96%	95 ml
(Vilella, Bain)	

17



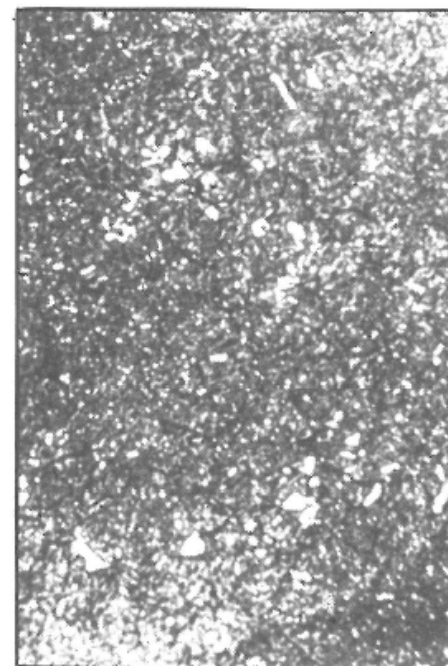
500x

18



500x

19



500x

42 24 20 šedá litina

20



100x

Vzorek číslo: 20
Materiál: 422420
šedá litina

Mikrostruktura hodnocena
podle ČSN 420461

20



300x

Leptáno 2%nitalem

Tvar grafitu: Lupinkový, středně
zvlňný - GF 2

Rozložení grafitu: A - rovnoměrné,
grafit řídce
vyloučený - GR 1

Velikost grafitu: 4

Délka grafitových > 125 až 250
lupinků - μm : Gd 6

Plocha zaujímaná > 8 až 12
grafitem [%]: G 10

Plocha zaujímaná
perlitom [%]: > 80 P

Hustota perlitu: středně jemný Pd1
(vzdálenost lamel): > 0,8 až 1,3 μm

Tvar perlitu: lamelární Pt 1

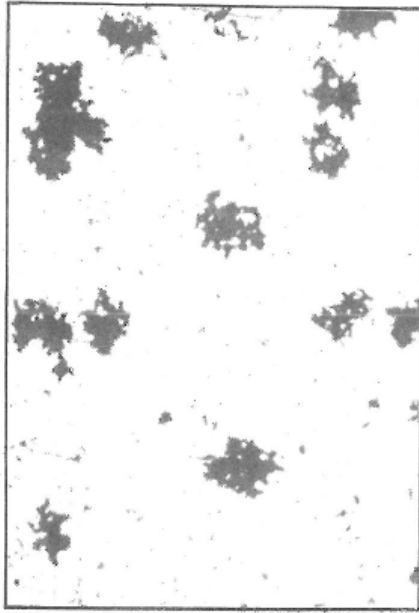
Plocha zaujímaná
feritem [%]: > 0 až 5 Fe 5

Plocha největších
útvárů fosfidického < 2000
eutektika [μm^2] Fv 1
(steadit)

Rozložení fosfid. jednotlivé
eutektika: hrubé útvary Fr 2

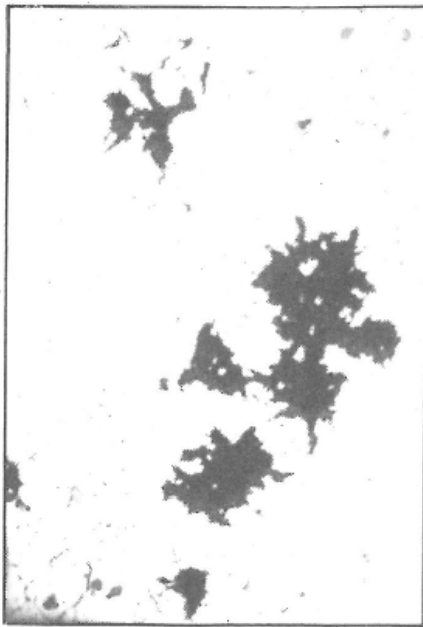
42 25 08 temperovaná litina

21



200x

21



300x

Leptáno 2%nitalem

Vzorek číslo: 21
Materiál: 422508
temperovaná litina

Mikrostruktura hodnocena
podle ČSN 420461

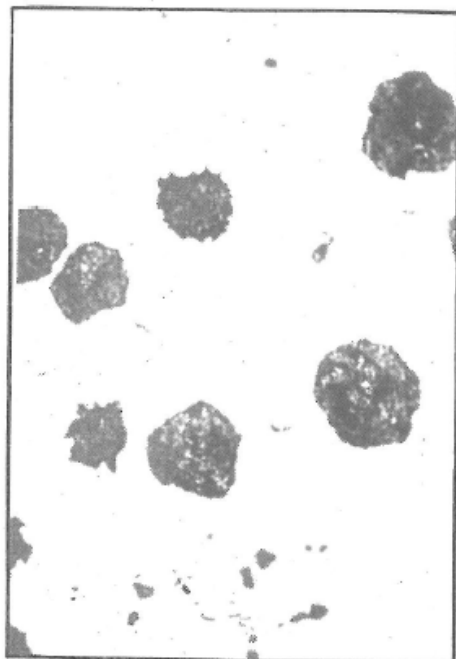
Tvar grafitu: vločkový

Velikost grafitu: 5
> 60 až 100 μm
Gšd 4

Plocha zaujímaná
grafitem: > 8 až 12 % Gš 10

42 23 20 Tvárná litina

22



300x

22



300x

Leptáno 2%nitalem

Vzorek číslo: 22²³
Materiál: 422450
tvárná litina

Mikrostruktura hodnocena
podle ČSN 420461

Tvar grafitu: pravidelně zrnitý
Gfš 1

Velikost grafitu > 40 až 60
[μ m] Gšd 3

Plocha zaujimaná 5 až 12
grafitem [%]: Gš 06/Gš 10

Plocha zaujimaná > 10 až 40
perlitem [%]: P 15

Hustota perlitu: jemný Pd 0,5

Tvar perlitu: Pt 1/Pt 2
50 % lamelární,
50 % nedokonale
zrnitý

„Interaktivní prvky“:

- **Dle situace a možností si prohlédněte vybrané vzorky pod mikroskopem a pokuste se je identifikovat a popsat;**

Požítá literatura:

- Košelev V., *Metalografické tabulky. TVV 1952;*
- Ministr Z. *Praktická metalografická mikroskopie, SNTL Praha 1956;*
- Veselý V. *Malá metalografická vzorkovnice. Komenium 1975;*
- Walla, v., *Praktická metalografie, SNTL Praha 1962,*