PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **15.07.2010**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **31.08.2011**
(Věstník č. 35/2011)

(21) Číslo dokumentu:
2010-554

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:
C21D 1/19 (2006.01)
C21D 1/26 (2006.01)
C21D 1/32 (2006.01)

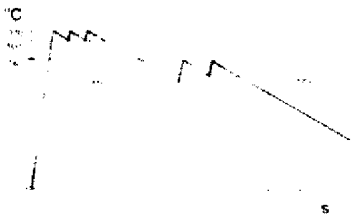
(71) Přihlašovatel:
COMTES FHT a.s., Dobřany, CZ

(72) Původce:
Hauserová Daniela Ing., Plzeň, CZ
Nový Zbyšek Dr. Ing., Blovice, CZ
Dlouhý Jaromír Ing., Plzeň, CZ

(74) Zástupce:
TICHÝ & POLÁČEK Patentoprávní a známková kancelář, Ing. Jiří Poláček, Dominikánská 6, Plzeň, 30112

(54) Název přihlášky vynálezu:
Způsob žíhání ocelového polotovaru

(57) Anotace:
Při časově úspomém způsobu žíhání ocelového polotovaru, jehož cílem je získat definovaným způsobem vyžíhanou ocel s příznivou morfologií karbidů ve feritické matrice, se ocelový polotovar podrobí základnímu ohřevu rychlostí vyšší než 10 °C/s na teplotu v intervalu 650 až 900 °C v celém průřezu, následně se ochladí maximálně o 200 °C rychlostí vyšší než 0,5 °C/s, což se provede alespoň dvakrát, načež se ochladí rychlostí vyšší než 0,5 °C/s.



CZ 2010 - 554 A3

Způsob žíhání ocelového polotovaru

Oblast techniky

Vynálezem je energeticky a časově úsporný způsob žíhání ocelového polotovaru pro vytvoření mikrostruktury a vlastností na měkko vyžíhaného materiálu nebo mikrostruktury s vlastností rekrystalizačně nebo jinak specificky vyžíhaného materiálu.

Dosavadní stav techniky

Známé způsoby žíhání na měkko nebo žíhání rekrystalizačního jsou prováděny v pecích, ať průběžných či komorových, ve kterých ocelové polotovary setrvávají několik desítek minut až hodin, a to v závislosti na velikosti. Žíhání je běžně prováděno ohřevem těsně pod teplotu A_{C1} s různě dlouhou prodlevou, po které následuje pomalé ochlazování na pokojovou teplotu. Během procesu žíhání dochází v mikrostruktuře k odpevňovacímu procesu a probíhají rekrystalizační procesy. Obvykle se mění i morfologie karbidů. Klesá pevnost a tvrdost ocelového polotovaru, naopak stoupá jeho tažnost a obnovují se plastické vlastnosti.

Proces žíhání je možno zrychlit kolísáním teploty kolem teploty A_{C1}. Dostupné literární zdroje však i zde předpokládají i několikahodinový cyklus. Rovněž je možné žíhat nad teplotu A_{C1} a následně pomalu ochlazovat. Tímto způsobem lze proces žíhání na měkko zkrátit, řádově zůstává několikahodinový. Tento postup austenitizace perlitu s omezenou homogenizací austenitu zajišťuje dostatečné množství zárodků, ze kterých ochlazováním vznikají jemné globulární karbidy, které přispívají k lepší tvařitelnosti materiálu. Následně se ocelový polotovar plynule ochlazuje, což je zárukou získání jemného globulárního perlitu. Sferoidizovaná struktura je spojena s poklesem tvrdosti a pevnosti vlastností materiálu. Na tento pokles mají vedle sferoidizace karbidů vliv rovněž odpevňovací procesy ve feritické matrici.

Ve způsobu tepelného zpracování popsaném v patentu US 6,190,472 je žíhání vysokouhlíkové oceli realizováno ohřevem na teplotu A_{C1} – 20°C nebo i vyšší s následným rychlým ochlazením pod teplotu A_{C1} . Dalším krokem je ohřev na teplotu A_{C1} + 20°C nebo vyšší s následným ochlazením na 690°C rychlostí 3,5°C/min. nebo menší na pokojovou teplotu. Tento postup výrazně zkracuje dobu žíhání a byl ověřen při tepelném zpracování trubek v průběžné žíhací peci.

Obdobně je popsáno urychlení sferoidizace karbidů u ložiskové vysokouhlíkové oceli legované chromem ve spisu JP 04103715. Tepelné zpracování se skládá z ohřevu na teplotu 780 až 820°C a následného ochlazení pod teplotu A_{C1} rychlostí nižší než 200°C/hod. Dále následuje ohřev na teplotu v rozmezí A_{C1} až A_{C1} + 40°C, ochlazení pod teplotu A_{C1} rychlostí nižší než 200°C/hod, ohřev na teplotu A_{C1} až A_{C1} + 40°C a ochlazení pod teplotu A_{C1} rychlostí menší než 75°C/hod.

Výše popsané způsoby žíhání, při kterých se dosáhlo požadované sferoidizace karbidů jsou energeticky náročné, protože vyžadují delší setrvání na teplotě prvotního ohřevu.

Další popsané způsoby, jejichž výsledkem je rovněž sferoidizace karbidů spočívají rovněž v ohřevu, po kterém ale následuje plastická deformace. I zde se dosahuje požadované sferoidizace karbidů avšak za současného přetváření, což nemusí být pro každý polotovar možné.

Zrychlení sferoidizace plastickou deformací je popsáno v Materials Science and Engineering A 432 (2006) „Effect of deformation on the evolution of spheroidization for the ultra high carbon steel", str.324 až 332. U vysokouhlíkové oceli (1,1%Mn, 0,7%Mn) byl proveden ohřev rychlostí 10°C/s na teplotu 1150°C s výdrží 1 minuty, dále ochlazení na 700°C rychlostí 20°C/s a na této teplotě byla provedena deformace s různou intenzitou. Nejlepší výsledky byly dosaženy při pěchování válcového vzorku o průměru 10mm a výšky 15mm na 40% výšky. Po deformaci následovalo ochlazení 0,2°C/s. Bylo dosaženo

struktury složené z feritické matrice a rovnoměrně rozmístěných globulárnich karbidů.

Termomechanické zpracování uhlíkové oceli s 0,67%C je popsáno v Materials Science and Engineering A 527 (2010), „Effect of deformation and annealing temperatures on ultrafine microstructura development...", str.1926 až 1932. Režim zpracování sestává ze dvou ohřevů na teplotu 600°C. Ohřev i ochlazování vždy probíhá rychlostí 5°C/min. Na vzorcích o rozměrech 5 x 5 x 10mm byl proveden první ohřev na teplotu 600°C s následnou výdrží 10min a nominální deformací 0,7. Po výdrži 1 minuta následovalo ochlazení na ~~pokojovou~~ místnosti. teplotu. Druhý ohřev na 600°C proběhl bez vložení deformace s výdrží 12 minut a s následným ochlazením na ~~pokojovou~~ místnosti. teplotu. Bylo dosaženo struktury složené z rovnoměrně rozptýlených globulárních karbidů ve feritické matrici.

Technologie umožňující rychlou sferoidizaci karbidů je popsaná v patentu CZ 301718. Tento proces je založen na ohřevu ocelového polotovaru maximálně na teplotu A_{C1} , po kterém následuje mechanické tváření a ochlazení ocelového polotovaru. Tímto postupem dojde k dokonalé sferoidizaci karbidů. Celý proces je velmi krátký a sferoidizace karbidů je progresivní. Společným nedostatkem je rovněž nutnost zařazení procesu deformace jako nezbytné operace pro získání požadované struktury do technologického řetězce. Deformaci je přitom nutno provádět v nestandardním intervalu teplot.

Podstata vynálezu

Vynálezem je způsob žíhání ocelového polotovaru, jehož cílem je získat definovaným způsobem vyžíhanou ocel s příznivou morfologií karbidů ve feritické matrici. Ocelový polotovar se podrobí základnímu ohřevu rychlostí vyšší než 10°C/s na teplotu v intervalu 650° až 900°C v celém průřezu. Následně se ochladí maximálně o 200 °C rychlostí vyšší než 0.5°C/s, což se provede

alespoň dvakrát, načež se ochladí rychlostí vyšší než 0.5°C/s. Takto se dosáhne mikrostrukturního stavu a mechanických vlastností, které jsou požadovány po žíhání na měkko nebo po rekrystalizačním žíhání nebo po jiném, například normalizačním žíhání. Takto tepelně zpracovaný ocelový polotovar se buď ochladí na pokojovou teplotu, nebo se provede ochlazení na teplotu nižší než 750°C, načež se ohřeje rychlostí vyšší než 10°C/s na teplotu maximálně 900 °C , což se provede alespoň jednou, s následným ochlazením na ~~pokojovou~~ teplotu místnosti rychlostí vyšší než 0,5°C/s.

Bylo shledáno, že k dosažení požadovaných vlastností ocelového polotovaru je vhodné, když základnímu ohřevu předchází ohřev ocelového polotovaru rychlostí vyšší než 10°C/s na teplotu v intervalu 650° až 900°C v celém průřezu s následným ochlazením maximálně na teplotu okolí rychlostí vyšší než 0,5°C/s. Rovněž je pro některé materiály vhodné, když ohřev ocelového polotovaru rychlostí vyšší než 10°C/s na teplotu v intervalu 650° až 900°C v celém průřezu, který předchází základnímu ohřevu, je proveden s prodlevou.

Přehled

Popis obrázků na výkresech

Na obr.1 je diagram znázorňující způsob žíhání ocelového polotovaru, který se podrobil základnímu ohřevu na teplotu 740°C v celém průřezu s meziochlazením na 680°C opakovaně, obr.2 znázorňuje způsob žíhání ocelového polotovaru, který se podrobil základnímu ohřevu na teplotu 720°C v celém průřezu s meziochlazením na 680°C opakovaně, na obr.3 je znázorněn diagram způsobu žíhání, kde první ohřev ocelového polotovaru je na teplotu 830°C v celém průřezu s následným meziochlazením na 800°C opakovaně, po kterém následuje po ochlazení na teplotu 650°C opakovaný ohřev na teplotu 740°C, na obr.4 je znázorněn způsob žíhání obdobně jako na obr.3, ale na teplotě 900°C je ohřev předcházející základnímu ohřevu proveden s prodlevou,

na obr.5 je znázorněn způsob žíhání, u kterého se plynule přechází z jednoho ohřevu na 830°C do druhého základního ohřevu znázorněného na obr.1. Na obr.6 je znázorněn diagram způsobu žíhání, kde první ohřev ocelového polotovaru je na teplotu 890°C v celém průřezu s následným ochlazením na 875°C opakovaně, po kterém následuje po ochlazení na teplotu 350°C a dále pak opakovaný ohřev na teplotu 740°C s následným ochlazením na vzduchu.

Příklady provedení vynálezu

Příklad 1

Tyčový polotovar tvářený za studena o průměru 15 mm z ocele o chemickém složení C 0,12% hmotnostních, Mn 0,39% hmotnostních, Si 0,09 % hmotnostních, P 0,011% hmotnostních, S 0,01% hmotnostních, Cr 0,02% hmotnostních, Ni 0,01% hmotnostních, Cu 0,02% hmotnostních, N_2 0,006% hmotnostních. Jeho vrubová houževnatost KCV mini = 64J/cm^2 , smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$ = 570 MPa, mez pevnosti R_m = 599 MPa, tažnost A_5 = 13,5%, tvrdost 180 HV30. Ocelový polotovar se pomocí indukce ohřál na teplotu 740°C během 9 sekund, jak znázorňuje obr.1, načež se volně ochladil na teplotu 680°C. Tento cyklus se opakoval třikrát a následně se ocelový polotovar volně ochladil na vzduchu. Tímto postupem došlo ke sferoidizaci perlitických lamelárních kolonií na globulární karbidy a dosáhlo se následujících mechanických hodnot, houževnatost KCV mini = 101J/cm^2 , spodní mez kluzu R_{eL} = 239 MPa, horní mez kluzu R_{eH} = 269 MPa, mez pevnosti R_m = 391 MPa, tažnost A_5 = 40% a tvrdost činí 102 HV30.

Příklad 2

Plech válcovaný za studena o tloušťce 0,6mm, o chemickém složení C 0,042% hmotnostních, Mn 0,202% hmotnostních, Si 0,004 % hmotnostních,

P 0,005% hmotnostních, S 0,009% hmotnostních. Smluvní mez kluzu v podélném směru $R_{p0,2}$=632MPa, v příčném směru $R_{p0,2}$=661 MPa, mez pevnosti v podélném směru R_m=652 MPa, v příčném směru R_m=700 MPa, tažnost v podélném směru A_{50}=3,1%, v příčném směru A_{50}=2,5% a tvrdost 204HV1. Indukčním ohřevem, jak znázorňuje obr.2, se ocelový polotovar ohřál na teplotu 720°C za 6 sekund. Následně nastalo ochlazení na teplotu 680°C za tři sekundy. Poté byl polotovar znovu ohřát na teplotu 720°C za tři sekundy a tento cyklus se následně ještě dvakrát opakoval. Tímto postupem došlo k rekrystalizaci feritického zrna a ke sferoidizaci perlitických lamelárních kolonií na globulární. Smluvní mez kluzu v příčném směru válcování dosáhla $R_{p0,2}$=329 MPa, mez pevnosti v příčném směru R_m=349 MPa, tažnost v příčném směru A_{50}=39% a tvrdost činila 105HV1.

Příklad 3

Tyčový polotovar tvářený za tepla o průměru 15 mm, a je o chemickém složení C 0,47% hmotnostních, Mn 0,70% hmotnostních, Si 0,23 % hmotnostních, P 0,026% hmotnostních, S 0,017% hmotnostních, Cr 0,07% hmotnostních, Ni 0,02% hmotnostních, Mo [illegible] hmotnostních o těchto mechanických vlastnostech. Vrubová houževnatost KCV mini 37J/cm^2 , smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$ = 309 MPa, mez pevnosti R_m = 642 MPa, tažnost A_5 = 27%, tvrdost 178 HV30. Ocelový polotovar se pomocí indukce ohřál na teplotu 830°C během 14 sekund, což znázorňuje obr.3, načež se ochladil na teplotu 800°C za 5 sekund a tento cyklus se celkem provedl třikrát. Následně se ocelový polotovar volně ochladil na vzduchu na teplotu 650°C. Poté následoval ohřev na teplotu 740°C za 1 sekundu a ochlazení na teplotu 680°C za 12 sekund a následný ohřev rovněž na teplotu 740°C za 1 sekundu. Následovalo ochlazení na vzduchu na pokojovou teplotu. Tímto postupem se dosáhlo zjemnění feritického zrna z průměrné velikosti zrna 30 μm na 10 μm a částečné sferoidizace perlitických lamel do globulární formy. Bylo dosaženo následujících mechanických hodnot,

houževnatost KCV mini 59J/cm^2 , smluvní mez kluzu $R_{p0.2}$ = 433 MPa, přičemž spodní mez kluzu R_{eL}=431 MPa, horní mez kluzu R_{eH} = 461 MPa, mez pevnosti R_m = 666 MPa, tažnost A_5 = 30%, tvrdost 182 HV30.

Příklad 4

Tyčový polotovar tvářený za tepla o průměru 15mm z ocele o chemickém složení C 0,47 % hmotnostních, Mn 0,70 % hmotnostních, Si 0,23 % hmotnostních, P 0,026 % hmotnostních, S 0,017 % hmotnostních, Cr 0,07 % hmotnostních, Ni 0,02 % hmotnostních, Mo 0,007 % hmotnostních o mechanických vlastnostech: vrubová houževnatost KCV mini 37 J/cm2 , smluvní mez kluzu Rp0,2 = 309 MPa, mez pevnosti Rm = 642 MPa, tažnost A5= 27 % , tvrdost 178HV30. Polotovar byl podroben indukčnímu ohřevu na teplotu 830°C za 14 sekund, poté byla provedena 15 sekund prodleva na této teplotě, jak znázorňuje obrázek 4. Dále následovalo ochlazení na vzduchu na teplotu 650°C a poté ohřev na teplotu 740°C za 1 sekundu a ochlazení na teplotu 680°C za 12 sekund a poté opět ohřev na teplotu 740°C za 1 sekundu. Následné ochlazení na ~~pokojovou~~ místnosti teplotu bylo provedeno na vzduchu. Tímto postupem bylo dosaženo zjemnění feritického zrna z průměrné velikosti zrna 30 ~~µm~~ na 10 µm a částečné sferoidizaci perlitických lamel do globulární formy. Bylo dosaženo následujících mechanických vlastností zpracovaného materiálu: vrubová houževnatost KCV mini 61 J/cm2, smluvní mez kluzu Rp0,2 = 429MPa, spodní mez kluzu ReL = 426 MPa a horní mez kluzu ReH = 458MPa, mez pevnosti Rm = 670 MPa. Tažnost A5 = 31% a tvrdost 181HV30.

Příklad 5

Tyčový polotovar tvářený za tepla o průměru 15mm z ocele o chemickém složení C 0,47 % hmotnostních, Mn 0,70 % hmotnostních, Si 0,23 % hmotnostních, P 0,026 % hmotnostních, S 0,017 % hmotnostních, Cr 0,07 % hmotnostních, Ni 0,02 % hmotnostních, Mo 0,007 % hmotnostních o mechanických vlastnostech: vrubová houževnatost KCV mini 37 J/cm2 ,

smluvní mez kluzu Rp0,2 = 309 MPa, mez pevnosti Rm = 642 MPa, tažnost A5= 27 % , tvrdost 178HV30. Polotovar byl podroben indukčnímu ohřevu na teplotu 830°C za 14 sekund, jak zobrazuje obrázek 5. Pak následovalo ochlazení na vzduchu na teplotu 650°C a následně ohřev na teplotu 740°C za 1 sekundu a ochlazení na teplotu 680°C za 12 sekund a poté opět ohřev na teplotu 740°C za 1 sekundu. Ochlazení na ~~pokojovou~~ teplotu bylo provedeno na vzduchu. Tímto postupem bylo dosaženo zjemnění feritického zrna z průměrné velikosti zrna 30 ~~µm~~ na 17 µm a částečné sferoidizaci perlitických lamel do globulární formy. Bylo dosaženo následujících mechanických vlastností zpracovaného materiálu: vrubová houževnatost KCV mini 47 J/cm2, smluvní mez kluzu Rp0,2 = 382MPa, spodní mez kluzu ReL = 374 MPa a horní mez kluzu ReH = 389MPa, mez pevnosti Rm = 651 MPa. Tažnost A5 = 33% a tvrdost 179HV30.

Příklad 6

Tyčový polotovar tvářený za studena o průměru 15mm z ocele o chemickém složení C 0,12 % hmotnostních, Mn 0,39 % hmotnostních , Si 0,09 % hmotnostních, P 0,011 % hmotnostních , S 0,010 % hmotnostních, Cr 0,02 % hmotnostních, Ni 0,01 % hmotnostních, Cu 0,02 % hmotnostních, N2 0,006 % hmotnostních o mechanických vlastnostech: vrubová houževnatost KCV mini 64 J/cm2 , smluvní mez kluzu Rp0,2 = 570 MPa, mez pevnosti Rm = 599 MPa, tažnost A5= 13,5 % , tvrdost 180HV30. Polotovar se pomocí indukce ohřeje na teplotu 890°C během 16 sekund, jak zobrazuje obrázek 6. Pak se volně se ochladí na teplotu 875°C za 3 sekundy, dále se opět ohřeje na teplotu 890°C, ochladí na teplotu 875°C, popř. se tento cyklus vícekrát opakuje. Poté se polotovar volně ochladí na vzduchu na teplotu 350°C. Dále se pomocí indukce vzorek ohřeje na teplotu 740°C během 5 sekund, volně se ochladí na teplotu 680°C za 3 sekundy, dále se opět ohřeje na teplotu 740°C, ochladí na teplotu

680°C. Tento cyklus ohřevu a ochlazení mezi teplotami 680°C a 740°C se může pro větší účinnost procesu provést vícekrát. Poté se polotovar volně ochladí na vzduchu. Tímto postupem došlo k částečné sferoidizaci perlitických lamel a zjemnění feritického zrna. Dosažené vlastnosti zpracovaného materiálu: Vrubová houževnatost KCV mini 95 J/cm2, spodní mez kluzu ReL = 280 MPa, horní mez kluzu ReH = 292 MPa, mez pevnosti Rm = 420 MPa, tažnost A5= 42 %, tvrdost 113HV30.

Patentové nároky

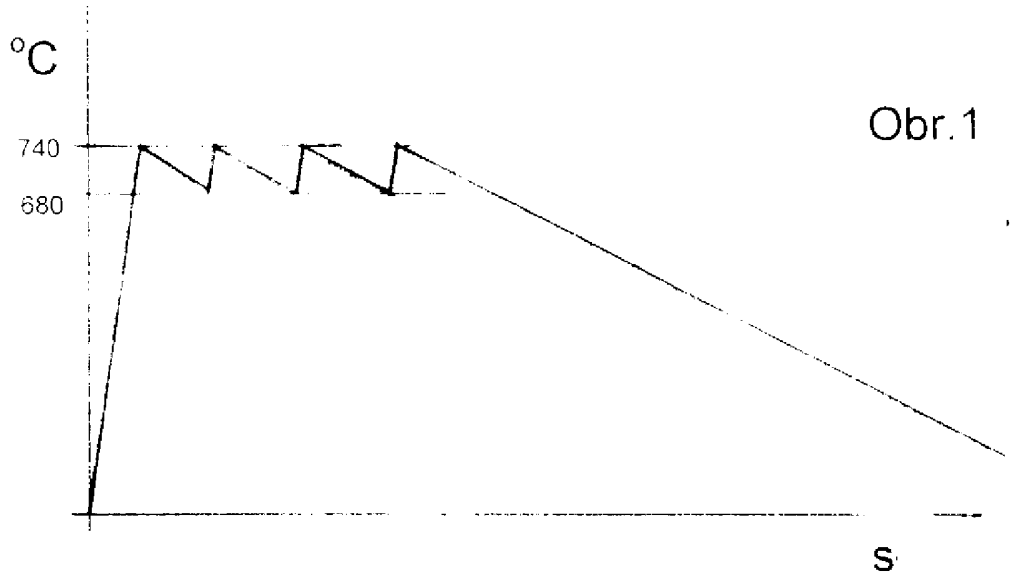
1. Způsob žíhání ocelového polotovaru, **vyznačující se tím, že** se ocelový polotovar podrobí základnímu ohřevu rychlostí vyšší než 10°C/s na teplotu v intervalu 650° až 900°C v celém průřezu následně se ochladí maximálně o 200 °C rychlostí vyšší než 0,5°C/s, což se provede alespoň dvakrát, načež se ochladí rychlostí vyšší než 0,5°C/s.

2. Způsob žíhání ocelového polotovaru podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** ochlazení se provede na ~~pokojovou~~ teplotu, *místnosti*.

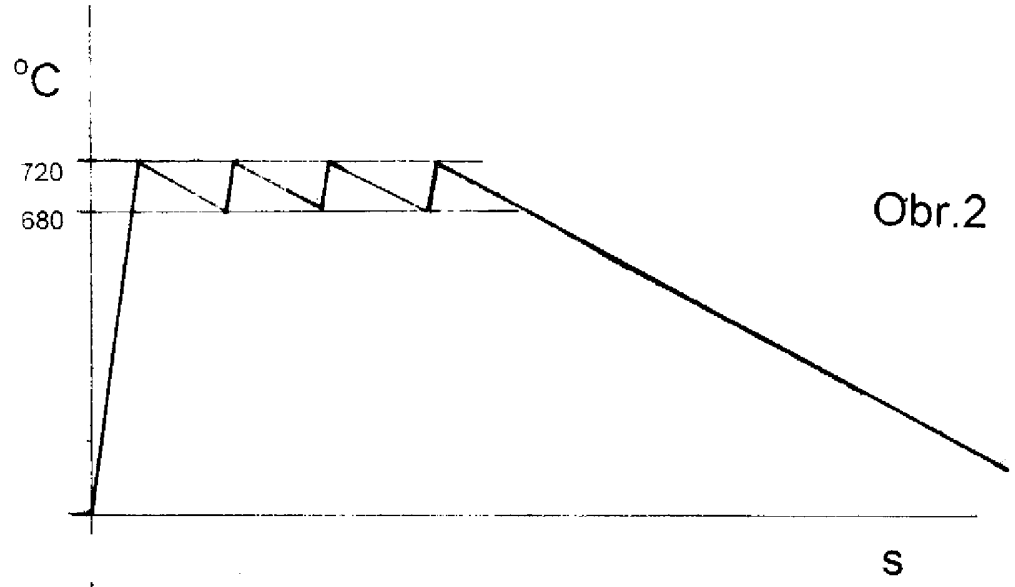
3. Způsob žíhání ocelového polotovaru podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** ochlazení se provede na teplotu nižší než 750°C, načež se ohřeje rychlostí vyšší než 10°C/s na teplotu maximálně 900 °C , což se provede alespoň jednou, s následným ochlazením na ~~pokojovou~~ *místnosti* teplotu rychlostí vyšší než 0,5°C/s.

4. Způsob žíhání ocelového polotovaru podle nároků 1, 2 nebo 3, **vyznačující se tím, že** základnímu ohřevu předchází ohřev ocelového polotovaru rychlostí vyšší než 10°C/s na teplotu v intervalu 650° až 900°C v celém průřezu s následným ochlazením maximálně na teplotu okolí rychlostí vyšší než 0,5°C/s.

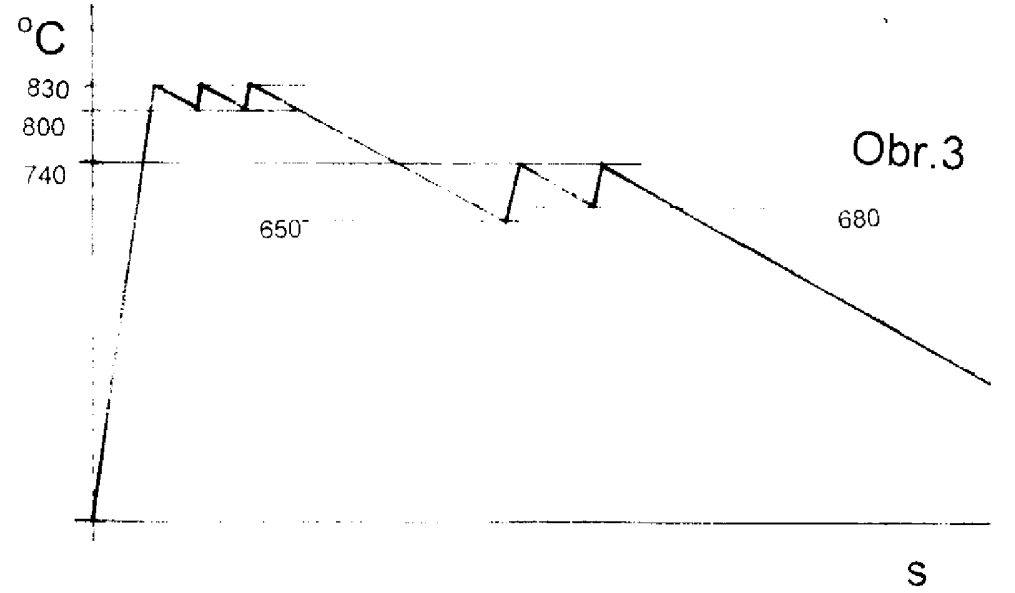
5. Způsob žíhání ocelového polotovaru podle nároku 4, **vyznačující se tím, že** ohřev ocelového polotovaru rychlostí vyšší než 10°C/s na teplotu v intervalu 650° až 900°C v celém průřezu je proveden s prodlevou.



Obr.1

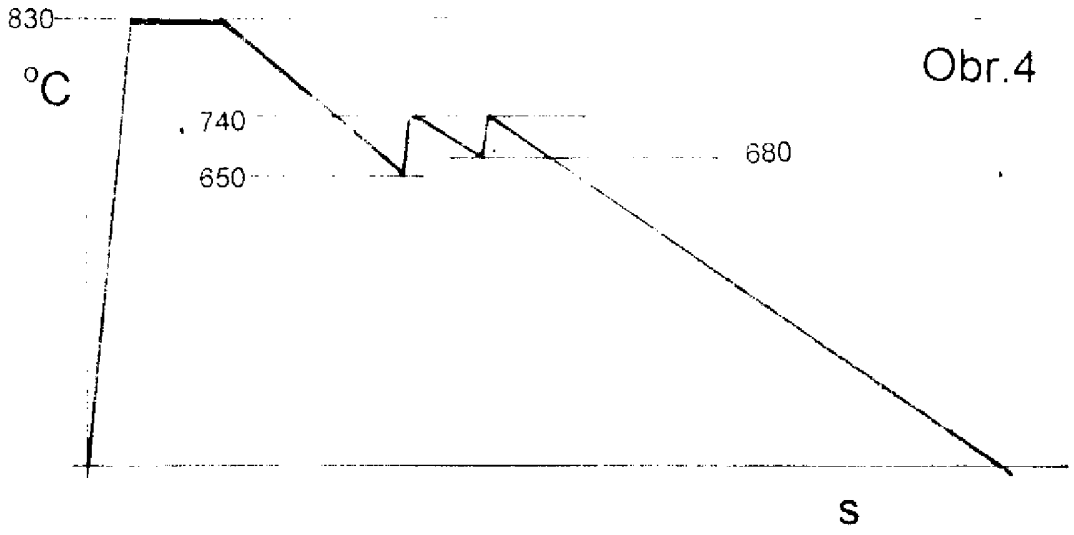


Obr.2

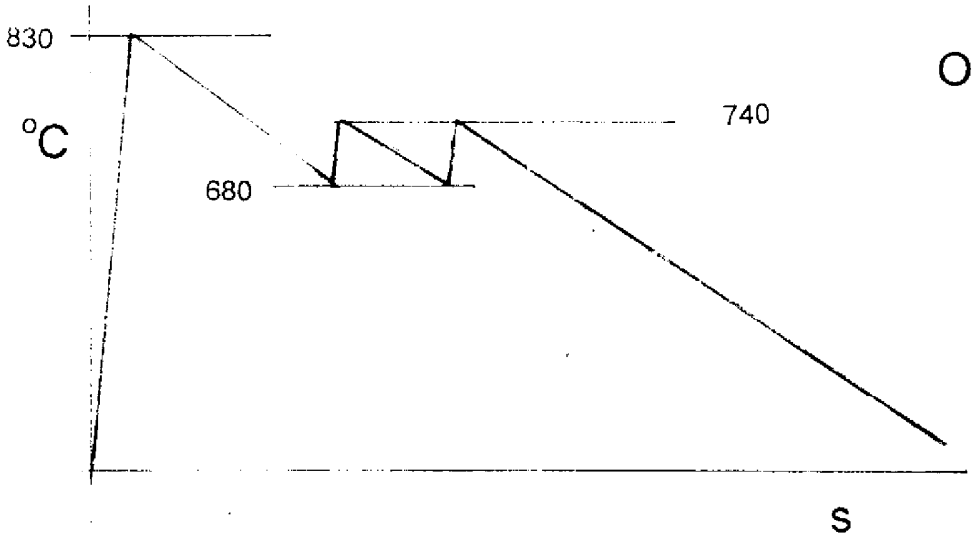


Obr.3

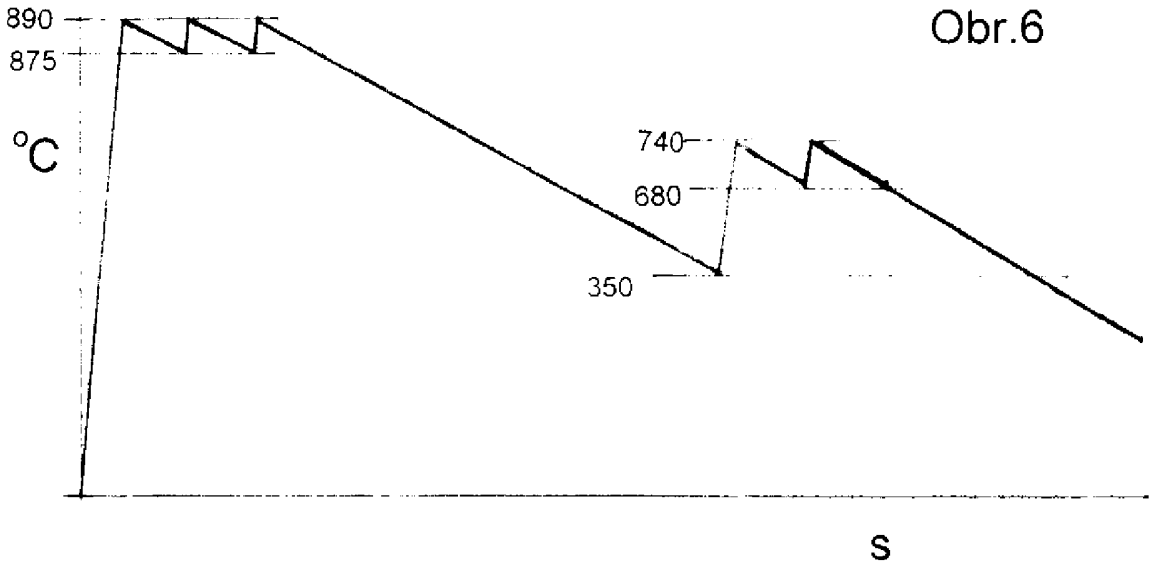
15.07.10 PV 2010 -534



Obr.4



Obr.5



Obr.6