



NORGE

[NO]

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 132964

(51) Int. Cl.² C 21 D 1/78, C 21 D 7/10

(21) Patentsøknad nr. 1591/71

(22) Inngitt 29.04.71

(23) Løpedag 29.04.71

(41) Alment tilgjengelig fra 02.11.71

(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 03.11.75

(30) Prioritet begjært 30.04.70, 13.03.71, Forbundsrepublikken Tyskland,
nr. P 20 21 245, P 21 12 103

(54) Oppfinnelsens benevnelse Kontinuerlig fremgangsmåte ved varmebehandling av
stangformige bygningsstål med lavt carboninnhold.

(71)(73) Søker/Patenthaver BAU-STAHLGeweBE GmbH,
Burggrafenstrasse 5, 4 Düsseldorf-Oberkassel,
Forbundsrepublikken Tyskland.

(72) Oppfinner ETTENREICH, Ludwig, Wien, Østerrike,
REIMANN, Otto, Düsseldorf-Oberkassel,
GREULICH, Klaus, Erkrath/bei Düsseldorf,
Forbundsrepublikken Tyskland.

(74) Fullmektig Tandbergs Patentkontor A-S, Oslo.

(56) Anførte publikasjoner Norsk patent nr. 108292 (18c-9/52)
Britisk patent nr. 877793
BRD patent nr. 879111 (18c-1/42), 925175 (18c-1/00)
BRD utl. skrift nr. 1246002 (18c-7/10)
US patent nr. 1946876 (148-148), 2393363 (148-151)
Østerriksk patent nr. 173474 (18b-51)

Oppfinnelsen angår en kontinuerlig fremgangsmåte ved varmebehandling av stangformige bygningsstål med et lavt carboninnhold av høyest 0,26% for å forbedre de mekaniske materialegenskaper, hvor det anvendes en hurtigoppvarming med en påfølgende bråkjøling.

Som varmekilde for hurtigoppvarmingen er elektronstråler egnede, men spesielt induksjonsprosessen. De grunnleggende trekk ved induksjonsprosessen tilhører teknikkens stand og er sammen med anvendelseseksempler beskrevet i "Grundlagen der induktiven Erwärmung" (Das Industrieblatt, Stuttgart, april 1960, s. 204/10). Det mest kjente anvendelsesområde er for overflateinduksjonsherding. Ved denne prosess blir stålkvaliteter med høyt carboninnhold for kort tid oppvarmet i sitt skall og derefter bråkjølt. Et annet anvendelsesom-

råde for induksjonsoppvarmingen er for å oppnå en mest mulig jevn gjennomoppvarming av materialstykker (smioppvarming). En annen anvendelsesmulighet er kjent fra tysk patentskrift nr. 879111 ifølge hvilket de i fra valsetemperatur herdete stål anløpes ved hjelp av elektrisk induksjon. En annen seigherdingsbehandling hvor ståltråd austenittiseres fullstendig og derefter bråkjøles med påfølgende anløpning, er kjent fra østerriksk patentskrift nr. 173474. Alle disse anvendelser angår ikke-sveisbare stålqualiteter med høyt carboninnhold, spesielt seigheringstål.

For stålqualiteter med lavt carboninnhold er de følgende forslag blitt fremsatt: Det er fra "Stahl und Eisen" (1949, s. 186/194) kjent en fremgangsmåte hvorved det på grunn av krig skulle gjøres mulig å oppnå en besparelse av legeringselementer for bygningsstål av typen St 52. Stål med et carboninnhold tilsvarende carboninnholdet i St 52, men med lavere innhold av mangan og andre fasthetsøkende elementer, ble efter varmvalsing til blakk bråkjølt i vann fra valse-temperaturen. Det ble oppnådd en fasthetsøkning innenfor det ønskede område med en samtidig minskning av forlengelsen. Denne fremgangsmåte har ikke slått igjennom i praksis spesielt fordi de oppnådde verdier varierte sterkt.

Det ble dessuten ved slutten av 50-årene bekjentgjort en på laboratorieforsøk basert varmebehandlingsmetode for ståltråd med lavt carboninnhold, hvor ståltråden derefter skulle videreformes i kald tilstand. Ifølge denne fremgangsmåte ble ståltråd med en diameter av 8 mm ned til 2 mm oppvarmet induktivt til høye temperaturer og derefter bråkjølt med vann. Strekkfastheten økte med stigende bråkjølingstemperatur mens forlengelsen avtok. Disse forsøk har åpenbart ikke ført til en kommersiell fremgangsmåte.

Det foreslås i DAS 1246002 å utsette et i valset tilstand foreliggende betongstål for en induktiv glødebehandling av de nær overflaten beliggende tverrsnittsdeler ved en temperatur mellom 600 og 1050°C, for derefter å bråkjøle betongstålet med påfølgende kaldforming ved vridning eller strekking etc.

Fra østerriksk patentskrift nr. 281089 er dessuten kjent en fremgangsmåte for fullstendig seighering av gjenstander av ikke-herdbare stål, hvor stål med et carboninnhold av 0,10-0,23% alt efter typen av overflateherdingen og under fremmatningen behandles med gass-oxygenbrennere eller elektriske oppvarmingsanordninger og derefter anordnede vandusjer under opprettholdelse av en minste fremmatings-

hastighet av ca. 100-200 mm/min. Den i dette patentskrift beskrevne varmebehandling fører til en hardhetsøkning, idet hardhetsforskjellen mellom overflate og kjerne i ikke anløpet tilstand kan utjevnes ved hjelp av en påfølgende anløpning. Det tales derfor i det østerrikske patentskrift om en fullstendig seigherding.

I de to sistnevnte publikasjoner utgjør prinsippet hurtigoppvarming med påfølgende bråkjøling en del av de obligatoriske fremgangsmåte-trinn.

Oppfinnelsen er basert på de følgende erkjennelser: Ulegerte ståls mekaniske egenskaper er først og fremst i det vesentlige avhengig av carboninnholdet, dvs. bortsett fra varmebehandlingstilstanden eller omfanget av kaldformingen. Med økende carboninnhold tiltar strekkfastheten og strekkgrensen, mens bruddforlengelsen avtar. Materialeegenskapene kan forandres ved hjelp av en varmebehandling. Ved den kjente teknikks stand fås økningen av en bestemt materialeegenskap på bekostning av en annen, som f.eks. økningen av fastheten som adfølges av en minsket forlengelse. I motsetning hertil tas det ifølge oppfinnelsen sikte på ved egnede forholdsregler å overvinne dette for fagmannen kjente motsetningsforhold mellom visse materialeegenskaper.

Løsningen av denne oppgave er av spesiell interesse i forbindelse med armeringsstål for anvendelse i betong da byggverkernes sikkerhet derved kan økes betraktelig. En bygningsstålmatte med kjente fasthetsegenskaper, men som sammenlignet med teknikkens stand har en sterkt øket jevn forlengelse, vil gjøre at byggverket kan gi langt mer etter under bevarelse av tilstrekkelig sikkerhet. Dessuten er en sterk fasthetsøkning under opprettholdelse av gode forlengelsesverdier av spesiell interesse for en forspent betongarmering.

Oppfinnelsen angår derfor en fremgangsmåte som angitt i patentkrav 1's overbegrep, og fremgangsmåten er særpreget ved at et i 10-70%, fortrinnsvis 30-50%, kaldformet tilstand foreliggende stål oppvarmes i sitt skall til en temperatur mellom 600 og 1 300°C på en slik måte at kjernen oppvarmes med en gjennomsnittlig oppvarmingshastighet av minst 100°C/s, fortrinnsvis minst 300°C/s, til en temperatur over 450°C, og bråkjøles med en avkjølingshastighet av minst 800°C/s før overflatetemperaturen har sunket til under 550°C og før kjernetemperaturen har steget til over perlittlinjen.

Kjernen oppvarmes fortrinnsvis med en gjennomsnittlig hastighet på ca. 700°C/s. Den angitte gjennomsnittsverdi kan beregnes ved å

132964

dividere den ønskede høyeste kjernetemperatur med den for denne nødvendige samlede tid (tiden fra innføringen i induksjonsspolen til begynnende bråkjøling).

Kaldformingsgraden er fortrinnsvis 30-50%. Bråkjølingen påbegynnes fordelaktig når den stigende kjernetemperatur skjærer den fallende overflatetemperatur.

For en foretrukken økning av forlengelsesegenskapene (σ_{10} , σ_g) med en i det vesentlige fullstendig bibeholdelse eller til og med forbedring av fasthetsegenskapene er det gunstig å oppvarme stålets skall til minst 700°C og kjernen til en temperatur mellom 600 og 750°C , hvorpå bråkjølingen foretas ved en overflatetemperatur av høyst like over Ar_3 , men spesielt ved en temperatur av 600 - 750°C , med en gjennomsnittlig avkjølingshastighet av minst 800°C/s . Den angitte gjennomsnittlige avkjølingshastighet er basert på den tid som går med for bråkjøling av overflaten til en temperatur under 150°C . Ved begynnelsen av bråkjølingen er avkjølingshastigheten betraktelig høyere. Det foretrekkes ved begynnelsen av bråkjølingen å anvende en avkjølingshastighet av 1200 - 1500°C/s . Innenfor det angitte foretrukne temperaturområde for overflate og kjerne av 600 - 750°C foretas bråkjølingen fortrinnsvis på det tidspunkt $t = t_2$ (Fig. 1) hvor den synkende overflatetemperatur skjærer den stigende kjernetemperatur. Den øvre grense for den foreliggende fremgangsmåte er særpreget ved at bråkjølingen foretas før skalloverflatetemperaturen ($t = t_3$ ifølge Fig. 1) er sunket til under 550°C . Av de kjente bråkjølingsmidler foretrekkes vann, spesielt vannstråler. Det har vist seg gunstig å foreta bråkjølingen ved pådusjing av vann med et trykk av 3 - 5 atm. For dette benyttes spesielt en vannmengde av 6 - 15 l/kg stål, fortrinnsvis inn til 10 l/kg stål. Den angitte mengde stål i kg tilsvarer den i avkjølingssonen transporterte mengde stangstål. De sist angitte tall for vannkjølemidlets trykk og mengde er spesielt foretrukne i forbindelse med den foreliggende fremgangsmåte.

Det er fordelaktig etter bråkjølingen å foreta en mindre kaldforming, f.eks. en utretting, for bestemte anvendelsesformål.

For andre formål, spesielt for å øke elastisitetsgrensen, eller også sigegrensen, er det fordelaktig etter bråkjølingen å foreta en varmebehandling ved en temperatur av 100 - 380°C , fortrinnsvis ca. 340°C , spesielt innen holdetidsområdet hvor elastisitetsgrensen øker sterkt (f.eks. en holdetid av 20 - 30 min).

De ved hjelp av den foreliggende fremgangsmåte behandlede stenger har fortrinnsvis en diameter av 4-36 mm, spesielt 6-16 mm.

Den foreliggende varmebehandling er av spesiell betydning og byr på spesielle fordeler dersom den foretas i forbindelse med kaldformede stenger av bygningsstål, spesielt betongstål for forspent eller avspent armering, og helst for stenger for sveisede bygningsstålmatter.

Den foreliggende fremgangsmåte byr på spesielle fordeler når den anvendes i forbindelse med ulegerte stål med et carboninnhold av 0,06-0,26%, fortrinnsvis 0,08-0,22%, og med vanlige innhold av silicium og med et manganinnhold av 0,8 - 1,8%.

Ifølge oppfinnelsen er det gunstig for å øke forlengelsesegenskapene (δ_{10} , δ_g) under en i det vesentlige fullstendig bibeholdelse eller til og med forbedring av fasthetsegenskapene å foreta en bråkjøling ved kjernetemperaturer innen det øvre område for rekrySTALLISeringen, fortrinnsvis 450-550°C, og ved skalloverflatetemperaturer over Ar₃. Skalloverflateområdet bråkjøles da fortrinnsvis til en temperatur under rekrySTALLISeringsområdet, spesielt til en temperatur av ca. 200°C. Etter at overflateområdet er blitt avkjølt til denne temperatur, finner den gjenværende temperaturutjevning sted i luft, hvorved det bråkjølte overflateområde lett rekrySTALLISeres på grunn av den varme som strømmer fra kjerneområdet. Denne spesielle lære har vist seg å være spesielt fordelaktig i forbindelse med stålstenger med en kaldforming av 20-45%. Stålets carboninnhold er fortrinnsvis 0,06-0,20%, og helst 0,08-0,10%, og stålene har de vanlige innhold av silicium og mangan etc. eller av legeringselementer som forekommer i de såkalte høyfaste bygningsstål.

Den spesielle fordel ved den foreliggende fremgangsmåte består i at, i forbindelse med et ulegert bygningsstål med et lavt carboninnhold og med en bestemt kaldbearbeidingsgrad (f.eks. 36%) som i denne tilstand har bestemte fasthetsverdier og forlengelsesverdier, på den ene side en kvalitet med sterkt økede forlengelsesegenskaper under bibeholdelse eller til og med forbedring av fasthetsegenskapene og på den annen side en kvalitet med sterkt økede fasthetsegenskaper under i det vesentlige fullstendig bibeholdelse av forlengelsesegenskapene, sammenlignet med utgangsverdiene i kaldbearbeidet tilstand, kan oppnås ved anvendelse av en forskjellig varmebehandling, hvorved

det ikke får utføres noen fullstendig seigherding over stangens samlede tverrsnitt.

Dette resultat står i motsetning til fagfolks hittidige oppfatning som går ut på at fasthetsverdier og forlengelsesverdier bare kan forandres i motsatte retninger.

Oppfinnelsen vil bli nærmere beskrevet i forbindelse med del utførelseseksempler som spesielt omfatter detaljer angående de tekniske forholdsregler.

Først skal noen av de i beskrivelsen og kravene anvendte uttrykk defineres:

"Stangform": herunder skal forstås gjenstander med dimensjoner som loddrett til gjenstandenens lengdeakse i det vesentlige alltid har samme tverrsnittsflate, og spesielt gjenstander som dessuten har en jevn overflateprofil.

"Stangskall": er skallskiktet rundt stangens kjernesone.

Det fremgår av det følgende avsnitt at skalltykkelsen, dvs. spesielt skallets volum i forhold til kjernens volum, bestemmes av den ønskede kjernetemperatur. Teknisk bestemmes ved induksjonsprosesser skalltykkelsen av den på forhånd gitte frekvens. Skalltykkelsen er større jo mindre den valgte frekvens er. Den overførte varmemengde reguleres ved hjelp av spolens dimensjon og effekttettheten. Jo høyere den valgte effekttetthet er, jo hurtigere og høyere oppvarmes skallet. Den ønskede temperatur i skallet bestemmes derfor av valget av frekvens og av avpasningen mellom stangens matehastighet og spolens dimensjoner og effekttettheten (stangens oppholdstid i induksjonssonen). Avpasningen av den nødvendige effekttetthet til forholdet skallvolum:kjernevolum retter seg etter den ønskede temperatur for temperaturutjevningssområdet. For en bedre forståelse av uttrykket "temperaturutjevningssområde" kan det vises til fig. 1. På fig. 1 er tids-temperaturforløpet for en induktiv oppvarming uten påfølgende bråkjøling med vann skjematisk fremstilt (avkjøling i luft ved varmestråling). Den skjematiske fremstilling tilsvarer tilnærmet temperaturforløpet for en tråd med en diameter av 8 mm som ved en bestemt frekvens først ble oppvarmet i en skalltykkelse av ca. 0,8 mm. Som vist på fig. 1 finner det allerede under oppholdstiden i induksjonspolen sted en svak varmestrømning til kjernen. I det viste eksempel finner den største del av varmestrømningen sted fra det varme skall til den forholdsvis kalde kerne etter at tråden er kommet ut av

induksjonsspolen (T_0 på fig. 1). Denne med tiden forløpende utjevning over stangtværsnittet er dekket av begrepet temperaturutjevningssområdet Δt . For å oppnå virkningene ifølge oppfinnelsen må den etterfølgende bråkjøling med vann utføres i løpet av en bestemt tid under varmeutjevningen mellom skall og kjerne.

Det på fig. 1 viste diagram gjengir temperaturforløpet uten en etterfølgende bråkjøling med vann, idet bare den undre og øvre tidsgrense for bråkjølingen med vann er inntegnet. For den undre tidsgrense (abscisse t_1) er det nødvendig at kjernetemperaturen er over T_{1k} (450°C). For den øvre tidsgrense (abscisse T_3) må skalloverflatetemperaturen ikke synke under T_{3s} . De i patentkravene og eksemplene angitte temperaturverdier representerer derved grensebetingelsene (skalloverflatens og kjernens temperatur). Det vil forstås at ved den meget hurtige oppvarming og avkjøling kan temperaturrediforskjellene mellom skalloverflaten og kjernen avvike herfra, dvs. f.eks. at de for tidspunktet $t = t_2$ kan være høyere. Den foreliggende fremgangsmåte gir imidlertid på grunn av angivelsen av grensebetingelsene en klar teknisk lære.

Ved utførelsen av den foreliggende fremgangsmåte må fagmannen dessuten ta de følgende forhold i betraktning:

Mellom de ved hjelp av beregninger etterlignbare kurveforløp for overflate- og kjernetemperatur og de i praksis virkelig oppnådde temperaturforløp kan det oppstå en avvikelse på grunn av at strålingstapene fra overflaten til atmosfæren etter at induksjonsspolen er blitt passert ikke ble tatt i betraktning ved beregningen. På den annen side er det for fagmannen enklest i praksis å bestemme overflatetemperaturen ved hjelp av et glødetrådpyrometer. Av denne grunn er de i patentkravene og i beskrivelsen for skalloverflaten angitte temperaturverdier som kjennetegner den tidsmessige øvre grense (abscisse t_3) for temperaturutjevningssområdet, basert på målte pyrometertemperaturer. Det kan tilføyes at den tidsmessige øvre grense for temperaturutjevningssområdet ikke er å foretrekke i praksis, men at denne angivelse muligens tjener som en rettleiding for det øvre tidspunkt for bråkjølingen med vann ved den foreliggende fremgangsmåte. Ifølge den foreliggende fremgangsmåte velges innenfor det angitte temperaturutjevningssområde i praksis fortrinnsvis det tidspunkt for bråkjølingen når den stigende kjernetemperatur og den fallende overflatetemperatur krysser hverandre.

Tidsområdet for dette skjæringspunkt kan i praksis lett bestemmes ved hjelp av måling med et pyrometer da det på skalloverflaten målbare temperaturfall etter varmeutjevningen i retning av kjernen finner sted tydelig langsommere enn tidligere fordi en varmeavgivelse da bare vil finne sted på grunn av varmestralingen til atmosfæren.

Det vil nedenfor bli gitt en del eksempler som detaljert angir hvilke skritt fagmannen kan ta for å oppfylle de i patentkravene angitte grensebetingelser.

Ifølge et vesentlig trekk ved den foreliggende fremgangsmåte skal kjernen oppvarmes med en gjennomsnittlig hastighet av minst 100°C/s , fortrinnsvis minst 300°C/s , til en temperatur mellom 450°C og Ac_3 . Det fremgår av de nedenstående eksempler at en kjerne-temperatur på 700°C er foretrukken. Det kan beregnes ut fra den foretrukne gjennomsnittlige oppvarmingshastighet av 300°C/s og fra kjerne-temperaturen på 700°C at det tar 2,33 s fra innføringen i spolen og til bråkjølingen med vann begynner. Det kan ut fra de angitte grensebetingelser og en stangdiameter av 8 mm beregnes at det for en oppholdstid av 1,3 s i spolen er nødvendig med en frekvens av 485 kHz og en effekttetthet av 850 W/cm^2 . Det er like enkelt å oppnå disse betingelser ved en lavere frekvens (større skalltykkelse) og en mindre effekttetthet. Således kan f.eks. et meget tynt skall (i forhold til kjernevolumet) oppvarmes til en meget høy temperatur i spolen eller et meget tykt skall kan oppvarmes til en temperatur som ikke ligger fjernt ($100\text{--}200^{\circ}\text{C}$) fra den temperatur som forekommer på tidspunktet $t = t_2$.

Det fremgår av det nedenstående første utførelseseksempel at et ved hjelp av den foreliggende fremgangsmåte behandlet stål får en øket strekkfasthet samtidig med en sterk økning av forlengelsen. De tekniske utgangsverdier og de oppnådde sluttverdier fremgår av tabell 1. Som retningsgivende verdi er i spalte 1 den temperatur angitt som overflateområdet (skallet) i kort tid ble oppvarmet til.

Tabell 1

Utgangsmateriale av ulegert betongstål med lavt carbon-innhold (0,12% C), diameter 6,5 mm og 35% kaldformingsgrad.

Oppvarming av overflateom- rådet til °C	σ_B kp/mm ²	σ_s kp/mm ²	Forlengelse %	ϵ_{10}
Utgangsmateriale	60,0	55,0	8 %	
800°C	64,7	56,0	13 %	
900°C	67,7	56,5	15 %	
1.000°C	72,0	56,0	11 %	

Det fremgår av tabellen at den sterkeste økning av forlengelsen var fra 8 til 15% for en økning av strekkfastheten fra 60 kp/mm² til 67,7 kp/mm² ved en oppvarming av overflateområdet til 900°C. Dette forsøk viser at det ved hjelp av den foreliggende varmebehandlingsprosess i motsetning til ved de kjente prosesser er mulig å overvinne den kjente læresetning om et motsetningsforhold mellom fasthetsegenskaper og forlengelsesegenskaper. Det er av vesentlig betydning for denne del av oppfinnelsen at det ved anvendelse av den foreliggende fremgangsmåte ikke foretas en fullstendig seigherding.

I tabellene 2 og 3 er vist forsøksresultater for stangtverrsnitt på 6 hhv. 12 mm, idet forsøksbetingelsene er angitt nedenfor.

Utgangstilstand: A

36% kaldformet

Analyse:

0,19% C, 0,16% Si, 0,61% Mn

1 s oppholdstid i spolen

Frekvens 485 kHz

Samlet tid inntil

begynnende brå-

kjøling 2 s

Bråkjölingsintensitet

(vann) 4 atm, 8 l/kg stål

Oppholdstid i kjøle-

banen 0,5 s

Bråkjølingen ble foretatt på tidspunktet $t = t_2$ ifølge Fig.1.

132964

10

Tabell 2 (6 mm ϕ)

$T^{\circ}\text{C}$ for $t = t_2$	σ_B kg/mm ²	σ_S kg/mm ²	δ_{10} %	δ_g %
A	61,4	55,0	8,3	4,0
650	66,0	58,6	13,7	7,3
700	60,0	51,5	15,2	13,0
750	79,0	42,0	10,0	5,7

Tabell 3 (12 mm ϕ)

$T^{\circ}\text{C}$ for $t = t_2$	σ_B kg/mm ²	σ_S kg/mm ²	δ_{10} %	δ_g %	H V (Vickershardhet)	
					Rand	Kjerne
A	60	55	8,6	4,9	212	252
650	66	52,2	17,2	13,6	260	248
700	60,5	49,0	14,4	11,0	270	226

Det fremgår av tabell 2 at sammenlignet med den kaldbearbeidede utgangstilstand A fås en betraktelig økning av forlengelsesegenskapene under opprettholdelse av gode fasthetsverdier, spesielt ved den foretrukne bråkjølingstemperatur av 700°C. Imidlertid vises det også for de hhv. 50°C lavere eller høyere utgangstemperaturer mekaniske verdier som fremdeles ligger høyere enn for teknikkens stand. For stålstenger med større tverrsnitt er den foretrukne temperatur for bråkjølingen på tidspunktet $t = t_2$ lavere, dvs. 650°C for det i tabell 3 angitte stangtverrsnitt med en diameter av 12 mm, enn for stangen med en diameter på 6 mm (700°C).

En forandring av carboninnholdet innen de krevde grenser nødvendiggjør, sammenlignet med utførelseseksemplene, for et lavere carboninnhold en høyere kjernetemperatur innen det krevde område og omvendt for å kunne opprettholde de optimale betingelser.

De spesielle fordeler som er forbundet med de ifølge oppfinnelsen varmebehandlede betongstenger, beror på at med stenger med høye utvidelsesegenskaper ^{blir} på grunn av den høye andel av jevn forlengelse, byggverk med avspent armering langt sikrere. Det er

dessuten av vesentlig betydning at de ved hjelp av den foreliggende fremgangsmåte oppnådde materialegenskaper ikke uheldig påvirkes, f.eks. ved motstandspunktsveising, spesielt for kvaliteter med lavt carboninnhold. Undersøkelsene ble utført for det sveisede kryss til en sveiset bygningsstålmatte. En undersøkelse av den minste skjærkraft ved skjærforsøk ($S = 0,3 \times 0,2 \times \text{utgångsstangens tverrsnittsflate}$) ga de nødvendige minsteverdier.

P a t e n t k r a v

1. Kontinuerlig fremgangsmåte ved varmebehandling av stangformige bygningsstål, fortrinnsvis med en diameter av 4 - 36 mm, helst 6 - 16 mm, spesielt betongstangstål for forspent eller slakk armering, fortrinnsvis betongstangstål for sveisede bygningsstålmatter, med et lavt carboninnhold av høyst 0,26% og inneholdende høyst 1,8 vekt% mangan og i forbindelse med bygningsstål vanlig forekommende ledsagende elementer, under anvendelse av en induktiv hurtigoppvarming og påfølgende bråkjøling og eventuelt en påfølgende mindre kaldforming eller også en varmebehandling ved en temperatur av inntil høyst 380°C, k a r a k t e r i s e r t ved at et i 10 - 70%, fortrinnsvis 30 - 50%, kaldformet tilstand foreliggende stål oppvarmes i sitt skall til en temperatur mellom 600 og 1300°C på en slik måte at kjernen oppvarmes med en gjennomsnittlig oppvarmingshastighet av minst 100°C/s, fortrinnsvis minst 300°C/s, til en temperatur over 450°C, og bråkjøles med en avkjølingshastighet av minst 800°C/s før overflatetemperaturen har sunket til under 550°C og før kjernetemperaturen har steget til over perlittlinjen.
2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t ved at kjernen oppvarmes med en gjennomsnittlig oppvarmingshastighet av ca. 700°C/s
3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t ved at bråkjølingen foretas på det tidspunkt hvor den stigende kjernetemperatur krysser den synkende overflatetemperatur.

132964

12

4. Fremgangsmåte ifølge krav 1 - 3, k a r a k t e r i s e r t ved at stålet i sitt skall oppvarmes til minst 700°C og i sin kjerne til en temperatur over 600°C , hvorefter bråkjølingen foretas ved en overflatetemperatur av høyst like over Ar_3 , fortrinnsvis ved en overflate-temperatur av $600 - 750^{\circ}\text{C}$.

5. Fremgangsmåte ifølge krav 4, k a r a k t e r i s e r t ved at bråkjølingen foretas med en avkjølings-hastighet av $1\ 200 - 1\ 500^{\circ}\text{C/s}$.

6. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t ved at bråkjølingen foretas ved kjernetemperaturer innen det øvre rekrySTALLISERINGSOMRÅDE, fortrinnsvis ved $450 - 550^{\circ}\text{C}$, og ved skalloverflatetemperaturer over Ar_3 .

7. Fremgangsmåte ifølge krav 6, k a r a k t e r i s e r t ved at skalloverflaten bråkjøles til en temperatur under rekrySTALLISERINGSOMRÅDET, fortrinnsvis til en temperatur av ca. 200°C .

Fig. 1

