



PATENTDIREKTORATET
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 0998/86
(22) Indleveringsdag: 05 mar 1986
(41) Alm. tilgængelig: 09 sep 1986
(44) Fremlagt: 18 mar 1991
(86) International ansøgning nr.: -
(30) Prioritet: 08 mar 1985 NL 8500658

(51) Int.Cl.⁵ C 21 D 9/52
C 21 D 1/18

(71) Ansøger: *HOOGOVS GROEP BV; P.O. Box 10.000; 1970 CA IJmuiden, NL

(72) Opfinder: Thomas Martinus *Hoogendoorn; NL, Maarten Arie de *Haas; NL, Johan Martin *Nijman; NL

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau

(54) Fremgangsmåde til fremstilling af tofasestål i form af bånd og stålband fremstillet ved fremgangsmåden

(56) Fremdragne publikationer

(57) Sammendrag:

998-86

Ved fremgangsmåden kan af et ulegeret stål med lavt indhold af C og Mn, og som regnet efter vægt indeholder 0,01-0,15% C og 0,15-0,50% Mn fremstilles et tofasestål i form af et bånd. Ved fremgangsmåden, der omfatter kontinuerlig anløbning, fås et plant produkt, uden at der forekommer båndbrud ved, at båndet

(a) opvarmes til ikke over 770°C i A_1 - A_3 -området af jern-kulstofdiagrammet og derefter

(b) afkøles tilstrækkelig hurtigt til, at austeniten i det mindste delvis omdannes til martensit og/eller bainit. Afkølingshastigheden er herunder således, at værdien $P = d \cdot V$, hvor d er båndtykkelsen i mm og V er den gennemsnitlige afkølingshastighed i °C/s i området 700-300°C, ligger i området 20-900, og tidsintervallet mellem afslutningen af trin (a) og begyndelsen af trin (b) er mindre end 4 sekunder.

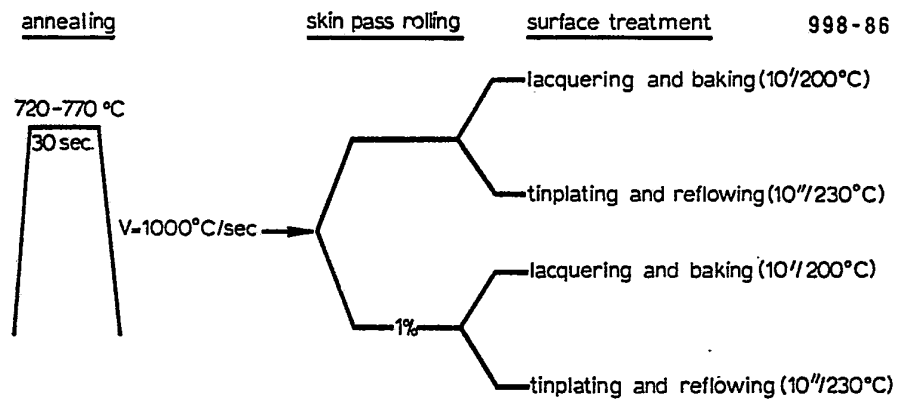


fig. 2

Opfindelsen vedrører en fremgangsmåde til fremstilling af tofasestål i form af bånd og stålbånd fremstillet ved fremgangsmåden. Opfindelsen vedrører især en fremgangsmåde til fremstilling af tofasestål i form af
5 et bånd med en tykkelse på 0,1-0,5 mm ud fra et ulegeret stål med lavt indhold af C og Mn, og som regnet efter vægt indeholder 0,02-0,15% C og 0,15-0,50% Mn, hvilken fremgangsmåde omfatter trinnene

varmvalsning

10 koldvalsning

kontinuerlig udglødning

hvor den kontinuerlige udglødning omfatter, at

(a) båndet opvarmes i A_1 - A_3 -området af jern-kulstofdiagrammet og gennemvarmes i dette område, og
15 derefter

(b) afkøles tilstrækkelig hurtigt til, at austeniten i det mindste delvis omdannes til martensit og/eller bainit. Stålbånd af denne tykkelse benævnes emballagestål, da det kan benyttes til forskellige emballageformål, f.eks. til dåseblik.
20

Fra NL offentliggørelsesskrift nr. 8 512 364, som vil blive gennemgået nedenfor, kendes en fremgangsmåde af ovennævnte art.

Tofasestål er i sig selv kendte, og fremstillingen af sådanne stål ved kontinuerlig udglødning er også
25 kendt. I handelen fås tofasestål enten varmvalset i en tykkelse på omkring 1,5-100 mm eller koldvalset i en tykkelse på omkring 0,8-3 mm. Se f.eks. PCT offentliggørelsesskrift nr. 79/00644 og EP offentliggørelsesskrift nr. 53913, som vedrører stål til anvendelser i
30 automobilindustrien (dvs. med en tykkelse på 0,8 mm) og beskriver stål, som indeholder de legerende elementer P og Si.

Fremstillingen af tynde bånd af tofasestål, dvs.
35 med en tykkelse på 0,1-0,5 mm frembyder imidlertid problemer, da de kendte fremgangsmåder til fremstilling af

stål i større tykkelser ikke kan anvendes direkte. F.eks. er et af problemerne, at det er vanskeligt at holde båndet plant.

Ved fremstilling af et bånd af tofasestål brat-
5 køles stålet typisk i koldt vand, efter at det er blevet opvarmet i en kontinuerlig udglødningslinie. Under denne afkøling kan afkølingshastigheden være 1000°C/s for en båndtykkelse på 1 mm. Afkølingshastigheden er omvendt proportional med tykkelsen af båndet. En afkøling af et
10 1 mm tykt bånd med 1000°C/s giver en P-værdi på $1000\text{mm}^{\circ}\text{C/s}$, hvor P er produktet af afkølingshastigheden og båndtykkelsen. Hvis afkøling i koldt vand benyttes som bratkølingsproces for stål med en tykkelse på 0,1-0,5 mm, vil båndet som følge af varmespændinger ikke
15 forblive plant med det resultat, at der ikke kan fås et bånd med en acceptabel form.

I NL offentliggørelsesskrift nr. 6 512 364 beskrives en fremgangsmåde til fremstilling af tofasestål i form af tynde bånd under anvendelse af afkøling med
20 koldt vand, men det fremgår, at det opnåede produkt ikke var plant, da det af de givne eksempler fremgår, at produktet udsættes for yderligere valsning for at gøre det plant. Dette er uønskeligt, ikke blot på grund af omkostningerne ved et yderligere trin, men også fordi
25 valsningen introducerer spændinger, som vil forårsage yderligere vanskeligheder, når båndet skæres op.

Der kendes andre afkølingsprocesser, som kan reducere eller undgå problemerne vedrørende formen af båndet, når der behandles tyndt materiale, f.eks. køling
30 med en gas(luft)stråle med en P-værdi på omkring $10\text{mm}^{\circ}\text{C/s}$ eller afkøling i varmt vand med en P-værdi på omkring $25\text{mm}^{\circ}\text{C/s}$. Men i sådanne tilfælde optræder en anden vanskelighed, hvilket er at sikre den ønskede fremstilling af hovedsagelig eller udelukkende martensit
35 og/eller bainit, når der benyttes ulegeret stål med lavt indhold af C og Mn. Ved kendte behandlinger opnås dette

kun, hvis båndet opvarmes til en temperatur, der ligger højt oppe i A_1-A_3 -området, f.eks. til omkring 850°C , i den kontinuerlige udglødningslinie. Ved sådanne høje temperaturer forekommer der ofte båndbrud. Under påvirkning af trækraften, der er nødvendig til at føre båndet gennem den kontinuerlige udglødningslinie, bryder båndet sammen på grund af den lave værdi af flydepunktet ved denne høje temperatur og på grund af det tynde materiales lille bærende tværsnit.

10 Båndbrud er meget uheldig under kontinuerlig udglødning. Det er ikke blot meget tidsrøvende at lede båndet gennem den kontinuerlige udglødningslinie igen med det resulterende produktionstab, men der mistes båndmateriale, når den kontinuerlige udglødningslinie 15 startes igen, og indtil de ønskede procesforhold er genetablerede.

Hensigten med opfindelsen er at tilvejebringe en fremgangsmåde til fremstilling af tofaseemballagestål med en tykkelse på 0,1-0,5 mm ud fra et ulegeret stål 20 med lavt C- og Mn-indhold, ved hvilken fremgangsmåde de ovenfor nævnte problemer fuldstændigt eller i hovedsagen er elimineret, og hvor der især opnås, at båndet er plant, og at båndbrud undgås.

Denne hensigt nås ved hjælp af fremgangsmåden 25 ifølge opfindelsen, i hvilken kombinationen af tilstandene under den kontinuerlige udglødning er omhyggeligt valgt.

Ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen som beskrevet ovenfor opvarmes båndet under den kontinuerlige udglødning i trin (a) til en temperatur, som ikke overskrider 770°C , og båndet afkøles i trin (b) med en hastighed svarende til, at værdien $P = d \cdot V$, hvor d er båndtykkelsen i mm, og V er den gennemsnitlige afkølingshastighed i $^{\circ}\text{C/s}$ i temperaturområdet $700-300^{\circ}\text{C}$, 35 ligger i området 20-900 og tidsintervallet mellem afslutningen af trin (a) og begyndelsen af trin (b) er mindre end 4 sekunder.

Denne udvalgte kombination giver de ønskede resultater af følgende grund.

For det første er temperaturen, til hvilken båndet opvarmes i A₁-A₃-området, så lav, at der ikke sker
5 båndbrud som følge af den trækraft, der påføres, når båndet ledes gennem den kontinuerlige udglødningslinie. For det andet er fremgangsmåden til afkølingen af båndet afpasset efter den lave temperatur, til hvilken båndet er opvarmet, således at austeniten ikke desto mindre i
10 det mindste delvis omdannes til martensit og/eller bainit, så den ønskede tofasetilstand dannes samtidig med, at båndet forbliver fuldstændig eller næsten fuldstændig plant. P-værdien under afkølingsprocessen er mindre end den, der bevirker deformation af båndet, men er til-
15 strækkelig til, at tofasestrukturen opnås. Det er særdeles vigtigt, at båndet tilføres afkølingssektionen henover mellemrummet mellem afslutningen af opvarmningssektionen og afkølingssektionen med kun et lille eller slet intet temperaturtab, dvs. tidsintervallet mellem
20 disse sektioner må, som før nævnt, være mindre end 4 sekunder og bør være så kort som muligt, dvs. fortrinsvis mindre end 2 sekunder helst mindre end 1 sekund og allerhelst mindre end 0,5 sekunder. Dette sikrer, at afkølingskurven ikke kommer ind i et område, hvor der fo-
25 rekommer uønskede strukturændringer.

Det er konstateret, at i kendte kontinuerlige udglødningslinier er mellemrummet mellem opvarmningssektionen og afkølingssektionen så stort, at meget tyndt materiale, hvis det er opvarmet til mindre end 800°C,
30 afkøles, før det når kølesektionen ved naturlig køling i en sådan grad, at der ikke dannes martensit og/eller bainit i afkølingssektionen. Ved anvendelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen er det imidlertid muligt under anvendelse af et ikke-legeret stål at fremstille
35 tofasestål med en tykkelse på 0,1-0,5 mm, hvor materialet er tilstrækkeligt plant. Der foretrækkes båndtykkelser i området 0,1-0,3 mm.

Båndet opvarmes fortrinsvis under den kontinuerlige udglødning til en temperatur på mindre end 750°C , og afkøling sker fortrinsvis med en P-værdi i området $40-750\text{ mm}^{\circ}\text{C/s}$, især foretrækkes $75-500\text{ mm}^{\circ}\text{C/s}$.

- 5 Den foretrukne afkølingsmetode er at lede eller sprøjte et kølemiddel i form af en tåge af en gas såsom luft og en kølevæske såsom vand mod båndet til afkøling. Dette er kendt indenfor det pågældende område som en tågestråle. Køleprocessens kølekapacitet afpasses efter
10 båndtykkelsen og båndhastigheden ved at variere mængden af udsprøjtet kølevæske pr. sprøjtedyse og antallet af dyser.

Der benyttes fortrinsvis et aluminiumberoliget stål med en normal kemisk sammensætning indeholdende
15 $0,02-0,10$ vægtprocent C og $0,15-0,50$ vægtprocent Mn. Dette sparer udgiften til martensitdannende legerings-elementer.

Generelt er det foretrukne stål, der benyttes ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen, et aluminiumberoliget
20 stål, som i vægtprocent indeholder

- 0,02-0,15% C
- 0,15-0,50% Mn
- ikke over 0,02% P
- ikke over 0,03% Si
- 25 ikke over 0,065% Al^{as}
- ikke over 0,02% S
- ikke over 50 ppm N
- resten Fe og uundgåelige urenheder.

Således ligger f.eks. elementerne Cu, Ni, Cr og
30 Mo typisk på niveauet for urenheder.

Efter afkølingen anløbes stålet fortrinsvis i overensstemmelse med de mekaniske egenskaber, som kræves til den tilsigtede anvendelse.

Når det drejer sig om elektrolytisk fortinnet
35 emballagestål, bør stålet fortrinsvis anløbes i omkring $5-10$ sekunder ved omkring 230°C under gensmeltingen af tinlaget.

I tilfælde af lakeret emballagestål bør stålet fortrinsvis anløbes i omkring 10 minutter ved omkring 200°C, mens laklaget bages.

Opfindelsen omfatter også stål fremstillet ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen, hvilket stål har en tykkelse på 0,1-0,5 mm og en trækstyrke, som overstiger 500 N/mm², og en brudforlængelse A₈₀, der er større end 5%. Et sådant stål med disse egenskaber har hidtil ikke været kendt.

Opfindelsen vedrører også emballagestål fremstillet ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen med en tykkelse på 0,1-0,5 mm og i en af kvaliteterne T65 og T70 (se europæisk standard 145-78) eller i en kvalitet, som i hårdhed svarer til dobbelt koldvalset DR8 og DR9 (se Tinmill Products, maj 1979, side 20).

Opfindelsen vil nu blive beskrevet ved hjælp af et udførelseseksempel og med henvisning til tegningen.

Eksempel

Et aluminiumberoliget ulegeret konverterstål med lavt carbonindhold og med sammensætning, som vist i tabellen i fig. 1, blev varmvalset og oprullet ved en temperatur på 650°C. Det varmvalsede stål blev derefter bejdset og koldvalset til en tykkelse på 0,22 mm. Båndbredden var 150 mm, og båndets længde var omkring 2 km.

Behandlingen efter koldvalsning er vist i fig. 2. Det koldvalsede stål blev kontinuerligt udglødet i 30 sekunder og derefter afkølet med en hastighed på omkring 1000°C/s (P-værdi 220 mm°C/s).

Som vist i fig. 3 blev noget af det kontinuerligt udglødede stål overfladevalset med en reduktion på 1%. Sektioner af både det overfladevalsede stål og det ikke overfladevalsede stål blev lakeret og fortinnet. Lakken på det lakerede stål blev bagt i 10 minutter ved 200°C. Dette bevirkede også anløbning af stålet. Tinlaget på det fortinnede stål blev smeltet igen i 10 sekunder ved 230°C under anløbningen af stålet.

Opvarmningsforholdene blev varieret over båndets længde. Forskellige partier af båndet blev opvarmet til forskellige temperaturer i området 720-770°C og holdt på den valgte temperatur. Det foretrækkes, at temperaturen
 5 ligger under 750°C for at reducere risikoen for båndbrud. Efter afslutningen af gennemvarmningen fulgte et tidsinterval, som varierede i området 0,4 - 0,8 sekunder, før afkølingen påbegyndtes. Afkølingen udførtes ved hjælp af et konventionelt tågestrålesystem, som afkøler
 10 jævne og med en mindre hastighed end afkøling med koldt vand. Tågestrålesystemet rettede en blanding af vand og gas (N_2) under tryk mod båndet. Der skete en uafbrudt afkøling ned til under 250°C ved en gennemsnitlig hastighed på 1000°C/s. Der blev ikke udført nogen
 15 fremskyndet ældning.

Alle partier af båndet, der blev behandlet ved disse tilstande, havde den ønskede tofase-struktur og havde konsistente trækstyrker, hårdheder, flydepunkter og værdier for brudforlængelse, som anført i tabellen i
 20 fig. 3.

I fig. 3 er

VGLR = flydepunktet i N/mm^2

TRST = trækstyrken i N/mm^2

R30T = hårdheden (Rockwell)

25 A_{80} = brudforlængelsen i % målt over 80 mm.

Disse resultater er også vist og sammenlignet med emballagestål fremstillet på konventionel måde i diagrammet i fig. 4, i hvilket trækstyrken i N/mm^2 er afsat langs den vertikale akse som funktion af forlængelsen
 30 A_{80} i procent afsat langs den horisontale akse.

I det skraverede område I nederst til højre i fig. 4 er vist kvalitetene T52 BA (udglødet i en udglødningsovn af klokketypen) og T61CA og T65CA (kontinuerligt udglødet) fremstillet på konventionel måde,
 35 dvs. koldvalsede og udglødede kvaliteter, som karakteriseres af en forholdsvis lav trækstyrke og en høj forlængelse.

I det skraverede område II nederst i diagrammet og foroven til venstre er vist dobbelt-koldvalsede (DR) kvaliteter 1-9, dvs. med en reduktion efter udglødningen på 10-90%. De normale DR kvaliteter fra det dobbeltskraverede afsnit af området II med en reduktion på 30-40% karakteriseres af en højere trækstyrke med en forholdsvis lav forlængelse.

Egenskaberne af tofase-emballagestålet ifølge opfindelsen (III A ikke anløbet, III B anløbet) er vist øverst til højre i de skraverede områder III A og B. Tofase-emballagestålet ifølge opfindelsen udmærker sig ved en kombination af trækstyrke og forlængelse i området indrammet af linien IV.

15

P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåde til fremstilling af et tofase-stål i form af et bånd med en tykkelse på 0,1-0,5 mm ud fra et ulegeret stål med lavt indhold af C og Mn, og som regnet efter vægt indeholder 0,02-0,15% C og 0,15-0,50% Mn, hvilken fremgangsmåde omfatter trinnene

varmvalsning,

koldvalsning,

kontinuerlig udglødning,

hvor den kontinuerlige udglødning omfatter, at

25

(a) båndet opvarmes i A_1 - A_3 -området af jern-kulstofdiagrammet og gennemvarmes i dette område, og derefter

(b) afkøles tilstrækkelig hurtigt til at austenitten i det mindste delvis omdannes til martensit og/eller bainit, k e n d e t e g n e t ved, at båndet i trin (a) opvarmes til en temperatur, der ikke overstiger 770°C, og i trin (b) afkøles med en sådan hastighed, at værdien $P = d \cdot V$, hvor d er båndtykkelsen i mm, og V er den gennemsnitlige afkølingshastighed i °C/s. i temperaturområdet 700-300°C, ligger i området 20-900 mm°C/s, og at tidsintervallet mellem afslutningen af trin (a) og begyndelsen af trin (b) er mindre end 4 sekunder.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e -
t e g n e t ved, at båndets tykkelse ligger i området
0,1-0,3 mm.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, k e n -
5 d e t e g n e t ved, at båndet i trin (a) opvarmes til
en temperatur, der ikke overstiger 750°C.

4. Fremgangsmåde ifølge ethvert af de foregående
krav, k e n d e t e g n e t ved, at værdien P i trin
(b) ligger i området 40-750mm⁰C/s.

10 5. Fremgangsmåde ifølge krav 4, k e n d e -
t e g n e t ved, at værdien P i trin (b) ligger i om-
rådet 75-500mm⁰C/s.

6. Fremgangsmåde ifølge ethvert af de foregående
krav, k e n d e t e g n e t ved, at tidsintervallet
15 mellem afslutningen af trin (a) og begyndelsen af trin
(b) er mindre end 2 sekunder.

7. Fremgangsmåde ifølge krav 6, k e n d e -
t e g n e t ved, at tidsintervallet mellem afslutnin-
gen af trin (a) og begyndelsen af trin (b) er mindre end
20 1 sekund.

8. Fremgangsmåde ifølge krav 7, k e n d e -
t e g n e t ved, at tidsintervallet mellem afslutnin-
gen af trin (a) og begyndelsen af trin (b) er mindre end
0,5 sekunder.

25 9. Fremgangsmåde ifølge ethvert af de foregående
krav, k e n d e t e g n e t ved, at afkølingen i trin
(b) sker ved hjælp af en tågestråle i form af en gas-
stråle indeholdende en findelt kølevæske, hvilken stråle
rettes mod båndet.

30 10. Fremgangsmåde ifølge ethvert af de foregående
krav, k e n d e t e g n e t ved, at stålet er et Al
beroliget stål og i vægtprocent indeholder

0,02-0,15% C

0,15-0,50% Mn

35 ikke over 0,02% P

ikke over 0,03% Si

10

ikke over 0,065% Al
ikke over 0,02% S^{as}
ikke over 50 ppm N

resten Fe og uundgåelige urenheder.

5 11. Fremgangsmåde ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at stålet anløbes efter den kontinuerlige udglødning.

12. Fremgangsmåde ifølge krav 11, k e n d e - t e g n e t ved, at stålet anløbes ved en temperatur 10 på omkring 230°C i omkring 5-10 sekunder.

13. Fremgangsmåde ifølge krav 11 eller 12, k e n d e t e g n e t ved, at stålet anløbes samtidig med, at et lag af tin, påført stålet elektrolytisk, smeltes.

15 14. Fremgangsmåde ifølge krav 11, k e n d e - t e g n e t ved, at stålet anløbes ved en temperatur på omkring 200°C i omkring 10 minutter.

15. Fremgangsmåde ifølge krav 11 eller 14, k e n d e t e g n e t ved, at stålet anløbes under 20 hærdeningen af et lag af fernis påført stålet.

16. Fremgangsmåde ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at stålbandet har en trækstyrke større end 500 N/mm² og en brudforlængelse A₈₀ målt over 80 mm større end 5%.

25 17. Fremgangsmåde ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at stålbandet har en kvalitet svarende til T65 eller T70 efter Europæisk Standard 145-78 eller en kvalitet, som med hensyn til hårdhed svarer til dobbelt-koldvalset DR8 eller DR9 30 (Tinmill produkter).

<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Si</u>	<u>ALas</u>	<u>Cu</u>	<u>Sn</u>	<u>Cr</u>	<u>Ni</u>	<u>N_{tot}</u>	<u>Fe</u>
82	360	11	18	9	46	36	6	23	30	26	Resten

FIG.1

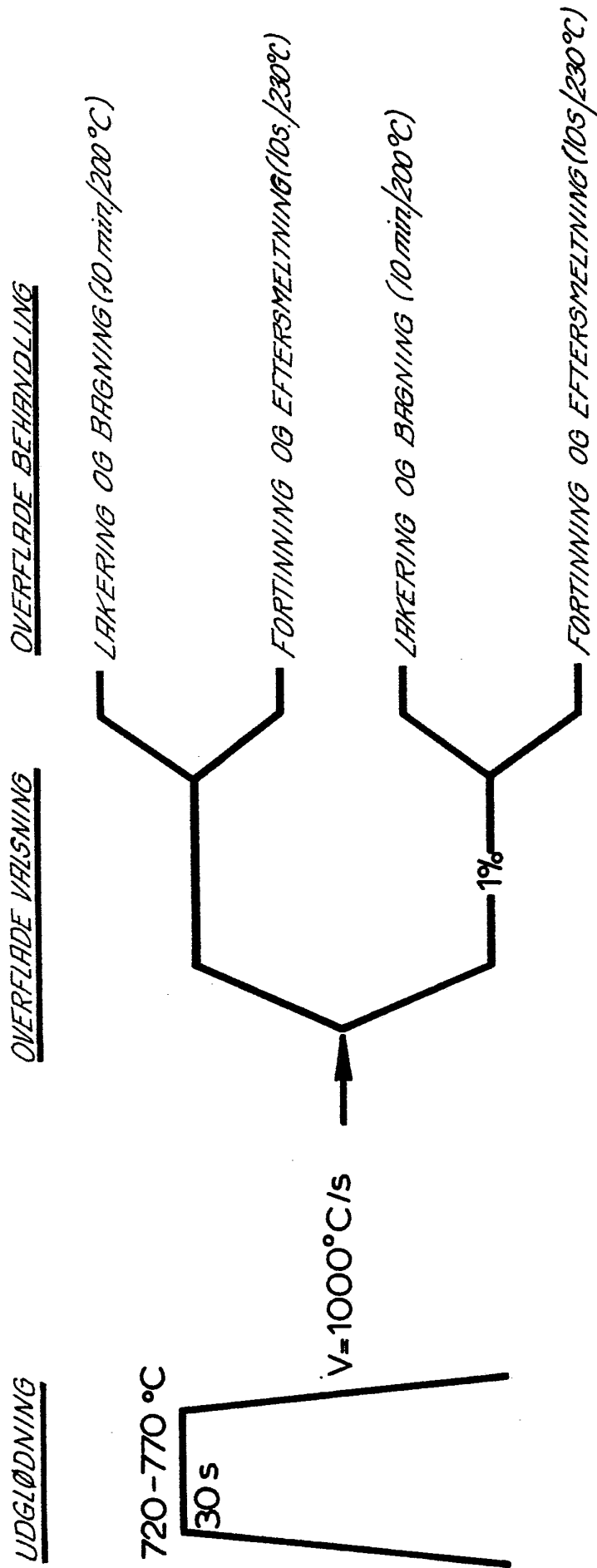


FIG.2

<u>Nr</u>	<u>ode</u>	<u>VLGR</u>	<u>TRST</u>	<u>R30T</u>	<u>A80</u>	<u>TYKKELSE</u>	<u>BEMÆRKN:)</u>
1	D	451	699	77,1	13,8	0,224	A
2	D	472	707	77,4	15,0	0,223	A
3	D	403	575	70,7	20,6	0,223	A,C
4	D	396	563	71,4	19,4	0,227	A,C
5	D	435	551	71,8	18,6	0,231	A,E
6	D	444	568	73,2	17,5	0,228	A,E
7	D	579	742	77,7	10,1	0,221	A,B
8	D	572	739	77,9	10,7	0,221	A,B
9	D	525	616	73,1	13,8	0,219	A,B,C
10	D	517	615	73,7	13,6	0,221	A,B,C
11	D	523	579	72,5	11,0	0,220	A,B,E
12	D	541	590	73,4	11,2	0,221	A,B,E

•) **A** = UDGLØDET **B** = 1% OVERFLADE VALSET

C = FORTINNET OG EFTERSMELTET VED 230°C I 10s

E = LAKERET OG BAGT VED 200°C I 10min.

FIG.3

