

PŘÍHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2001 - 1829

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷ :

C 22 C 33/08

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **16.12.1999**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **18.12.1998 24.06.1999**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1998/9804419 1999/9902407**

(33) Země priority: **SE SE**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **17.04.2002**
(Věstník č. 4/2002)

(86) PCT číslo: **PCT/SE99/02393**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO00/37699**

(71) Přihlašovatel:

SINTERCAST AB, Stockholm, SE;

(72) Původce:

Popelar Patrik, Katrineholm, SE;

Andersson Conny, Eskilstuna, SE;

(74) Zástupce:

**PATENTSERVIS PRAHA a.s., Jivenská 1, Praha 4,
14000;**

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob výroby CGI odlitků nebo SGI odlitků,
počítačový program a přístroj**

(57) Anotace:

Způsob výroby CGI odlitků nebo vhodných SGI odlitků se provádí tak, že se odeberou vzorky roztavené slitiny, ze které se připravují zmíněné odlitky, a zmíněné vzorky se přenesou do zkušební nádoby. Současně probíhá zaznamenávání nejméně dvou křivek chladnutí, v odstupu r_1 a r_2 atd. od středu vzorkovací nádoby; a stanoví se nejméně dvě křivky znázorňující průběh uvolňování tepla za použití získaných dat, přičemž se porovnávají tyto křivky pro uvolňování tepla, získaného z dříve stanovených křivek uvolňovaného tepla, představující známé koncentrace přísady modifikující strukturu na základě dříve stanovených křivek pro uvolňování tepla za stejných podmínek jako v předcházejících krocích. Dále se stanoví množství přísady pro modifikaci struktury, které je třeba přidat do taveniny na základě porovnání hodnot získaných v předchozím kroku, přičemž se zajistí prostřednictvím řídicího střediska pro strukturní modifikaci přidání správného množství přísady modifikující strukturu do taveniny; a provedení lícího pochodu vlastním známým způsobem. Vzorkovací zařízení má nejméně dvě čidla pro záznam křivek chladnutí a řídicí středisko pro přisazování přísad, modifikující strukturu do roztavené slitiny.

ZPŮSOB VÝROBY CGI ODLITKŮ NEBO SGI ODLITKŮ, POČÍTAČOVÝ PROGRAM A PŘÍSTROJ

Oblast techniky

Předložený vynález se vztahuje na zlepšený způsob předurčování mikrostruktury, kterou bude mít určitá tavenina litiny po ztuhnutí. Vynález se rovněž vztahuje na přístrojové zařízení pro provádění předloženého způsobu.

Dosavadní stav techniky

WO 86/01 755 (včleněný zde jako reference) se zabývá způsobem výroby litiny s hutným grafitem za použití termální analýzy. Z roztavené litiny se odebere vzorek a tento vzorek se ponechá ztuhnout během 5 až 10 minut. Současně se zaznamenává teplota dvěma nezávislými teplotními záznamovými prostředky, teplotními čidly, z nichž jedno je umístěno ve středu vzorku a druhé v bezprostřední blízkosti stěny nádoby. Tzv. křivka chladnutí, představující průběh teploty vzorku litiny během tuhnutí jako funkci času, je zaznamenávána u obou teplotních čidel. Na základě těchto záznamů je pak možné stanovit nezbytné množství přísady pro modifikaci struktury, které musí být přidáno k tavenině, aby se získala požadovaná mikrostruktura.

WO 92/06 809 (včleněný zde jako reference) popisuje specifický způsob pro vyhodnocování křivky chladnutí získané postupem podle WO 86/01 755. Podle toho se provádí termální analýza ve zkušební nádobě pokryté materiálem obsahujícím aktivní formu čínidla modifikujícího strukturu. Tento materiál může obsahovat oxidy Si, Mn, Fe, K a Na. Časný rovný úsek na křivce chladnutí, zaznamenané některým prostředkem zaznamenávajícím teplotu, umístěným blízko stěny nádoby, ukazuje, že částice grafitu

byly vytvořeny interakcí s povlakem. Pak je možné za použití kalibračních dat stanovit, zda musí být k tavenině přidána nějaká přísada modifikující strukturu, aby se získala litina s hutným, kompaktním grafitem.

Při odlévání litiny s hutným grafitem ve velké slévárně je především důležité přesné a zodpovědné stanovení mikrostruktury, kterou budou mít odlévané odlitky. Někdy je obtížné interpretovat křivky chladnutí a podle nich přijmout odlévání litiny s hutným grafitem, i když již počaly tvořit grafitové vločky. Ke zlepšení přesnosti vyhodnocování je potřeba vyvinout alternativní způsob pro vyhodnocování křivek chladnutí, který pomůže řešit význam tvarů křivek chladnutí, lišících se od normálních tvarů křivky chladnutí.

Podstata vynálezu

Bylo zjištěno, že při studiu přenosu tepla vzorku v nádobě obsahující vzorek roztavené litiny, je možné přesně předurčit formu mikrostruktury, kterou bude mít ztuhlý vzorek roztavené litiny. Tento pracovní způsob je velice vhodný pro automatizaci za použití počítače.

Termín „křivka chladnutí“, jak je zde používán, označuje grafické znázornění teploty jako funkce času; takové grafické záznamy jsou uvedeny ve způsobech popisovaných ve WO 86/01 755 a WO 92/06 809.

Termín „křivka uvolňovaného tepla“, jak je zde používáno, se vztahuje na grafický záznam zaznamenávající teplo, které se uvolňuje v určitém pásmu roztavené litiny, jako funkce času. Pro účely předloženého vynálezu křivku uvolňujícího se tepla zde určuje pásmo umístěné ve středu vzorku roztavené litiny (pásmo A), a na okraji vzorku roztavené litiny (pásmo B). V dalším je způsob určení křivky uvolňujícího se tepla podrobněji popsán.

Termín „nádobka pro vzorek“, jak je zde používáno, odpovídá malé nádobce pro vzorek, používaného pro termální analýzu, naplněný vzorkem roztaveného kovu. Teplota

roztaveného kovu je během tuhnutí zaznamenávána vhodným způsobem. Výhodně má nádoba pro vzorek tvar, jaký je popisován ve WO 86/01 755, WO 92/06 809, WO 91/13 176 (zahrnuté zde do referencí), WO 96/23 206 (zahrnutý do referencí), nebo PCT/SE98/02 122.

Termín „vzorkovací zařízení“, jak je zde uvedeno, se vztahuje na zařízení obsahující nádobu pro vzorek, opatřenou nejméně dvěma spolehlivými prostředky pro termální analýzu, zachycující teplotu, a zmíněné prostředky jsou v průběhu analýzy ponořeny do vzorku tuhnoucího kovu, a dále zařízení pro naplnění nádoby roztaveným kovem. Nádoba pro vzorek je vhodně opatřena zmíněným teplotním čidlem podle způsobu znázorněného na obr. 2 v WO 96/23 206 nebo PCT/SE98/02 122.

Termín „přísada modifikující strukturu“, jak je zde použito, se vztahuje na látku ovlivňující morfologii grafitu přítomného v roztavené litině. Vhodná sloučenina může být vybrána ze skupiny zahrnující hořčík a kovy vzácných zemin, jako cér, nebo směs těchto kovů. Význam koncentrace přísady modifikující strukturu v roztavené litině je již popsán ve shora citovaných dokumentech WO 92/06 809 a WO 86/01 755.

Termín „CGI“, jak je zde použit, odpovídá litině s hutným, kompaktním grafitem.

Termín „SGI“, jak je zde použit, odpovídá litině s kulovitým, zrnitým grafitem.

Jak bylo dříve uvedeno, předložený vynález se vztahuje na předurčení mikrostruktury, se kterou určitá roztavená litina ztuhne za měření tepla uvolňujícího se ze vzorku. Přesněji vynález se vztahuje na určení přenosu tepla mezi dvěma pásmy vzorku (jedno pásmo ve středu vzorku a jedno v okrajovém pásmu obklopujícím střední pásmo) a okolí. Studium grafických záznamů derivace tepla jako funkce času, je možné učinit přesnou předpověď.

Teplotní rovnováha jakéhokoliv jednotlivého prvku může být popsána vztahem 1

$$Q_c = Q_u + Q_d + Q_v \quad (1)$$

ve kterém značí Q_c množství tepla vzorku daného tepelnou kapacitou materiálu, Q_u množství tepla uvolňovaného objemem materiálu, Q_d množství tepla přebíraného materiálem z okolí a Q_v množství tepla předávaného objemem vzorku do okolí.

Při provádění způsobu podle předloženého vynálezu je výhodné použít zkušební nádobu popisovanou v SE 9 704 411-9. V takové vzorkové nádobě je transport tepla do vzorku obsaženého v nádobě přibližně ve všech směrech stejný. V následujícím je popisován přenos tepla mezi středem (obr. 1, pásmo A) a okrajovou částí (obr. 1, pásmo 2) vzorku roztavené litiny obsažené ve zkušební nádobce podle předcházejícího popisu. Protože pásmo A je umístěno ve středu chladnoucího prostoru, není do tohoto pásma přenášeno teplo a Q_d je proto rovné nule. Dosazením do vztahu 1 dostáváme následující rovnici 2:

$$C_p m_A dT_A/dt = Q_{uA} + 0 - 4\pi k_e [(T_A - T_B)/(1/r_1 - 1/r_2)] \quad (2)$$

ve které C_p je teplotní kapacita jednotky hmoty, m_A je hmota v pásmu A, dT_A/dt je změna teploty v pásmu A pro časovou jednotku, k_e je účinný přenosový koeficient materiálu, a $(1/r_1 - 1/r_2)^{-1}$ představuje střední vzdálenost pro přenos tepla. Poloměry r_1 a r_2 jsou oba definovány na obr. 1. T_A a T_B představují teploty v pásmu A a v pásmu B.

Na základě rovnice 2 můžeme zhodnotit uvolněné teplo a vypočítat průměrnou hodnotu tepla uvolněného z pásma A:

$$Q_{uA} = C_p m_A dT_A/dt + 4\pi k_e [(T_A - T_B)/(1/r_1 - 1/r_2)] \quad (3)$$

V rovnici 3 jsou všechny proměnné konstanty kromě dT_A/dt a $(T_A - T_B)$ a může tedy být rovnice 3 zjednodušena na rovnici 4:

$$Q_{uA} = k_1 dT_A/dt + k_2 (T_A - T_B) \quad (4)$$

ve které k_1 a k_2 jsou konstanty. Proto může být křivka pro uvolňující se teplo v pásnu A vypočtena ze sady křivek chladnutí ve středu a v okrajovém pásnu vzorku roztavené litiny.

Teplotní rovnováha pásma B napodobuje rovnováhu pásma A, ale teplo je do tohoto pásma přenášeno (z pásma A) a z něho dále ven (do okolí). Proto hodnota Q_d ve vztahu 1 není rovna nule. Odpovídající substituce do vztahu 1 dá následující rovnici 5:

$$C_p m_B dT_B/dt = Q_{uB} + 4\pi k_e [(T_A - T_B)/(1/r_1 - 1/r_2)] - h(T_B - T_S) + \varepsilon A_B \sigma (T_B^4 - T_S^4) \quad (5)$$

kde navíc v zápočtu proměnných definovaných v propojení s rovnicí 2 a 3, uvedených nahoře, je h ztráta tepla prouděním do okolí, T_S je teplota okolí a $\varepsilon A_B \sigma$ je odpovídající konstanta podle Stefan-Boltzmannova radiačního zákona.

S ohledem na poslední uvedenou hodnotu můžeme předpokládat, že poměr mezi celkovou ztrátou vyzařeného tepla a ztrátou tepla prouděním je konstantní:

$$C = \varepsilon A_B / h \quad (6)$$

Následně můžeme zhodnotit uvolněné teplo v pásnu B, Q_{uB} :

$$Q_{uB} = C_p m_B dT_B/dt - 4\pi k_e [(T_A - T_B)/(1/r_1 - 1/r_2)] + h[(T_B - T_A) + C\sigma(T_B^4 - T_A^4)] \quad (7)$$

V rovnici 7 jsou všechny proměnné konstanty kromě dT_B/dt a T_B . Podle toho může být rovnice 7 zjednodušena na:

$$Q_{uB} = k_3 dT_B/dt - k_4(T_A - T_B) + k_5 T_B + k_6 T_B^4 - k_7 \quad (8)$$

Za použití rovnic (4) a (8) pro křivky chladnutí zaznamenané způsobem popisovaným ve WO 86/01 755 a WO 92/06 809 můžeme stanovit odpovídající křivky pro uvolňování tepla. Obr. 2A až 6A uvádějí rozdílné křivky chladnutí a obr. 2B až 6B odpovídající křivky pro uvolňované teplo.

Jak bylo uvedeno, uvedené výpočty jsou založené na rozličných křivkách pro uvolňování tepla v porovnání s odpovídajícími křivkami chladnutí. Pro CGI (obr. 2), křivky představující uvolňování tepla v pásnu B ukazují dva zřetelné vrcholy, jeden menší a jeden větší, zatím co uvolňování tepla při malém vločkování CGI (obr. 3) je podstatně větší, takže uvedené dva vrcholy lze stěží rozeznat. To rovněž pozorujeme u křivek, které se vztahují na litinu s vysokým ekvivalentem uhlíku (obr. 4). Primární austenitický vrcholek je patrný na křivce pro pásno A. U křivek pro uvolňování tepla v blízkosti eutektického litiny (obr. 5) je ještě patrný malý austenitický vrcholek, zatím co tento vrcholek zmizí u křivek vztahujících se na eutektickou nebo nadeutektickou litinu (obr. 6). Pozorujeme, že u šedé vyvločkové litiny (obr. 7) je dominantní první vrchol křivky pro uvolňování tepla, představující pásno B.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález je v následujícím popisován podle doprovázejících obrázků.

Obr. 1 schematicky znázorňuje diagram nádoby pro vzorek, který je použit ve spojitosti s předloženým vynálezem. V takové nádobě je teplo jednotně přenášeno ve všech směrech. Vzorek roztavené litiny v takové nádobě může být považován za kulovitou oblast. Na tomto obrázku je prostor, ve kterém dochází k chladnutí, rozdělen do dvou částí, na pásno A a na pásno B. Poloměry r_1 a r_2 se vztahují na průměrné poloměry pásma A a B.

Obr. 2 popisuje křivky chladnutí a odpovídající křivky uvolňování tepla u CGI. V obr. 2 až 7 jsou použity následující zkratky: T_A = záznam křivky chladnutí ve středu, T_B = záznam křivky chladnutí na okraji, P_A = uvolněné teplo ve středu, a P_B = uvolněné teplo na okraji;

Obr. 3 znázorňuje křivky chladnutí a odpovídající křivky uvolňování tepla u nízkomodulární litiny CGI. Během měření se tvoří vločky grafitu ve vzorku v nádobě v důsledku reakce s povlakem stěny;

Obr. 4 znázorňuje křivky chladnutí a odpovídající křivky pro uvolňování tepla u litiny s vysokým ekvivalentem obsahu uhlíku;

Obr. 5 znázorňuje křivky chladnutí a odpovídající křivky uvolňování tepla v blízkosti eutektické litiny;

Obr. 6 znázorňuje křivky chladnutí a odpovídající křivky uvolňování tepla u eutektické a nadeutektické litiny; a

Obr. 7 znázorňuje křivky chladnutí a odpovídající křivky uvolňování tepla u šedé vložkové litiny; a

Obr. 8 je schematická ukázka přístroje pro kontrolu výroby litiny s kompaktním grafitem podle předloženého vynálezu.

Příklad provedení vynálezu

Je vhodné provádět metodu pro předurčování za použití systému kontrolovaného počítačem, zvláště je-li třeba provádět velké množství měření. Takový systém je znázorněn na obrázku 8. Vzorek roztavené litiny je odebrán do nádoby pro vzorek 22. Během proměřování vzorku vysílají dvě teplotní čísla 10, 12 do počítačového systému 14 údaje o sledovaných křivkách chladnutí a odpovídajících křivkách pro uvolňování tepla, určených pro použití rovnic 3 a 6. Počítač má vložená kalibrační data, tj. dříve zaznamenané modelové křivky odpovídající známému množství přísady modifikující strukturu nebo známou mikrostrukturu, v jednotce ROM 16 a vypočte množství přísady modifikující strukturu, které je zapotřebí přidat do taveniny. V předloženém je to realizováno jako odborný znalecký systém. Množství přísady pro modifikaci struktury, které je třeba přidat, je signalizováno prostřednictvím 18 do řídicího střediska pro modifikování struktury taveniny 20 ke korekci, načež je do taveniny přidáno odpovídající množství modifikující přísady.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob výroby CGI odlitků nebo vhodných SGI odlitků, vyznačující se tím, že obsahuje vzorkovací zařízení, mající přinejmenším dvě čidla pro záznam křivek chladnutí a řídicí středisko pro přísazování přísady (nebo přísad) modifikující strukturu, do roztavené litiny, ze které se zmíněné odlitky vyrábějí, a zmíněný způsob zahrnuje postupové kroky:
 - a) odebrání vzorku roztavené slitiny, ze které se připravují zmíněné odlitky, a přenesení zmíněného vzorku do zkušební nádoby;
 - b) současné zaznamenávání nejméně dvou křivek chladnutí, v odstupu r_1 a r_2 atd. od středu vzorkovací nádoby;
 - c) stanovení nejméně dvou křivek znázorňujících průběh uvolňování tepla za použití dat získaných podle b);
 - d) porovnání křivek pro uvolňování tepla získané podle c) s dříve stanovenými křivkami uvolňování tepla, představující známé koncentrace přísady modifikující strukturu na základě dříve stanovených křivek pro uvolňování tepla za stejných podmínek jako v bodech a), b) a c);
 - e) stanovení množství přísady pro modifikaci struktury, které je třeba přidat do taveniny na základě porovnání hodnot získaných v postupovém kroku d);
 - f) zajistit prostřednictvím řídicího střediska pro strukturní modifikaci přidání správného množství přísady modifikující strukturu do taveniny; a
 - g) provedení lícího pochodu vlastním známým způsobem.

2. Způsob podle nároku 1 vyznačující se tím, že zmíněná nádoba na vzorek je takového typu, aby se v ní teplo šířilo jednolitým způsobem všemi směry, jakmile je jednou naplněna roztavenou litinou.
3. Způsob podle nároku 1 a 2 vyznačující se tím, že vytváří litinu s hutným, kompaktním grafitem.
4. Způsob určení množství přísady modifikující strukturu vyznačující se tím, že zmíněná přísada se přidává do určité taveniny litiny, aby se získalo CGI nebo výhodné SGI, vyžadující vzorkovací zařízení, opatřené nejméně dvěma teplotními čidly, pro záznam křivek chladnutí, a zmíněný způsob obsahuje následující postupové kroky:
 - a) odebrání vzorku roztavené litiny, ze které se odlévá zmíněný odlitek, a přenesení zmíněného vzorku do vzorkové nádoby;
 - b) současný záznam nejméně dvou křivek chladnutí, ve vzdálenostech r_1 a r_2 atd., počítáno ze středu nádoby se vzorkem;
 - c) stanovení nejméně dvou křivek vyznačujících průběh uvolňovaného tepla za použití informací získaných podle bodu b)
 - d) porovnání křivek chladnutí získaných záznamem uvolňovaného tepla podle c) a porovnání s dříve získanými křivkami uvolňování tepla za známé koncentrace známého množství přísady modifikující strukturu, s dříve stanovenými křivkami chladnutí určující průběh uvolňování tepla, a které byly získány za stejných podmínek, jak jsou popsány v postupech podle bodů a), b) a c);
 - e) určení množství přísady modifikující strukturu, kterou je třeba k tavenině přidat na základě zjištění podle postupů d);

5. Přístroj pro určení množství přísady modifikující strukturu v reálném čase, které je třeba přidat, aby se z taveniny získala CGI litina nebo výhodně SGI litina, vyznačující se tím, že přístroj obsahuje:

jedno teplotní čidlo (10), umístěné ve vzdálenosti r_1 od středu nádoby se vzorkem, ale uvnitř zmíněné nádoby se vzorkem, pro záznam první křivky chladnutí;

druhé teplotní čidlo (12) ve vzdálenosti r_2 - r_2 je větší než r_1 - od středu zmíněné nádoby na vzorek, ale uvnitř zmíněné nádoby, aby se získala druhá křivka chladnutí;

počítačové zařízení (14) pro určení množství V_a přísady pro modifikaci struktury, které je třeba přidat do taveniny;

paměťové zařízení (16), které je opatřeno dříve zmíněnými kalibračními údaji;

počítačové zařízení k určení křivek znázorňujících uvolňování tepla jednou pro střední pásmo a jednou pro okrajové pásmo zmíněné nádoby se vzorkem, za použití

- i) rovnice pro teplotní rovnováhu

$$Q_c = Q_u + Q_d + Q_v$$

kde značí Q_c množství tepla nahromaděného tepelnou kapacitou materiálu, Q_u množství tepla uvolňovaného objemem materiálu, Q_d množství tepla přenášeného do materiálu z okolí, a Q_v je množství tepla přenášeného do okolí; a

- ii) první a druhá křivka chladnutí jsou zaznamenány zmíněným prvním a druhým teplotním čidlem, (10) a (12);

počítač je seřízen ke stanovení hodnoty množství V_a přísady pro modifikaci struktury, které je třeba přidat do taveniny na základě porovnání s křivkami uvolňovaného tepla podle předcházejících kalibračních údajů.

6. Počítačový program vyznačující se tím, že je použito zařízení, určující v reálném čase množství přísady pro modifikaci struktury, které je třeba přidat do

roztavené litiny (20) během výroby, aby se získaly litinové odlitky s hutným, kompaktním grafitem;

zmíněný přístroj obsahuje

jedno teplotní čidlo (10), umístěné ve vzdálenosti r_1 od středu nádoby pro vzorek, ale uvnitř zmíněné nádoby pro vzorek, sloužící k záznamu první křivky chladnutí;

druhé teplotní čidlo (12), umístěné ve vzdálenosti r_2 - r_2 je větší než r_1 - od středu zmíněné nádoby na vzorek, ale uvnitř zmíněné nádoby se vzorkem, sloužící k záznamu druhé křivky chladnutí;

počítačové zařízení (14) pro určení hodnoty množství V_a přísady pro modifikaci struktury, které je třeba přidat do taveniny;

paměťový prostředek (16), obsahující předem stanovená kalibrační data;

počítačový paměťový systém obsahující:

zapisující kód čitelný pro počítač, podle kterého výpočetní zařízení určí křivku zaznamenávající průběh uvolňovaného tepla, jednou pro prostřední pásmo, a pak pro okrajové pásmo ve zmíněné nádobě pro vzorek, za použití

i) rovnice pro teplotní rovnováhu

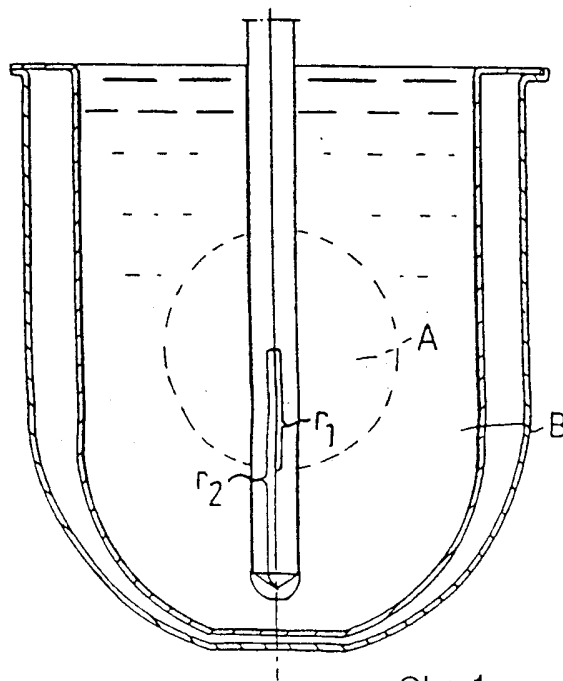
$$Q_c = Q_u + Q_d + Q_v,$$

ve které značí Q_c množství tepla nahromaděného tepelnou kapacitou materiálu, Q_u množství tepla uvolňovaného objemem materiálu, Q_d množství tepla přenášeného do materiálu z okolí, a Q_v je množství tepla přenášeného do okolí; a

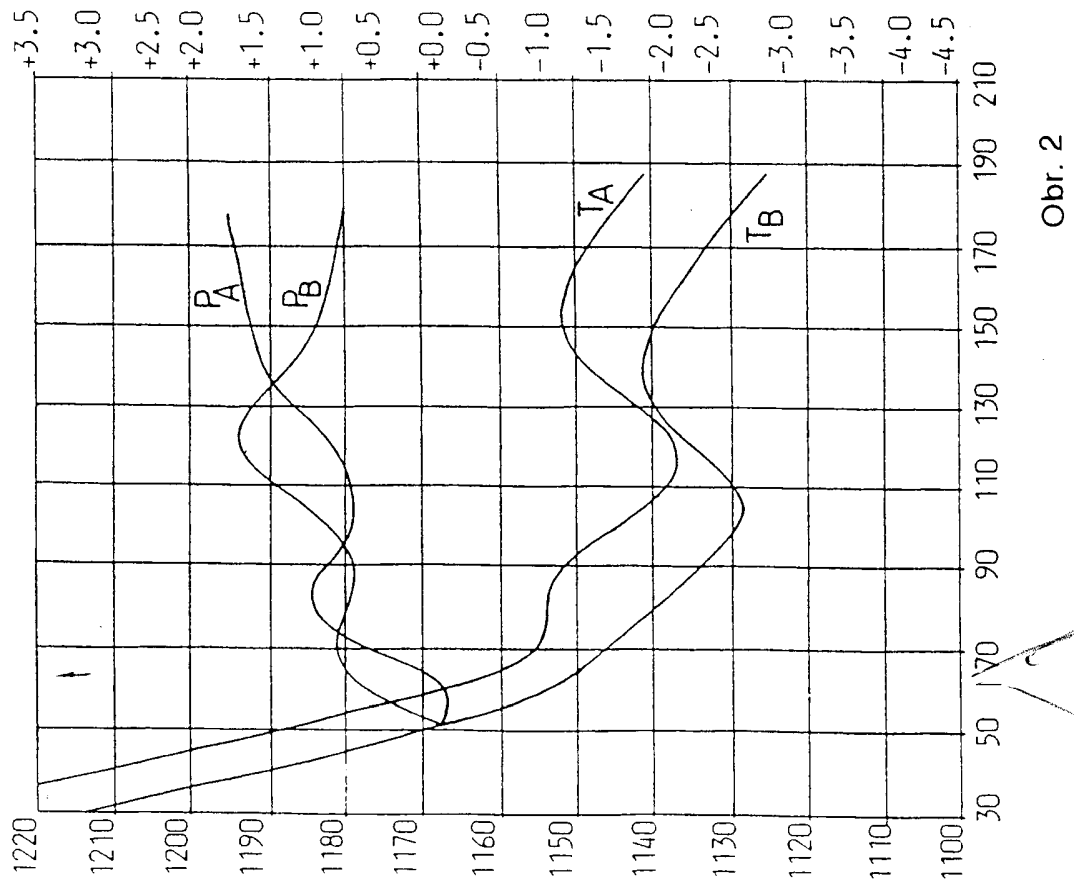
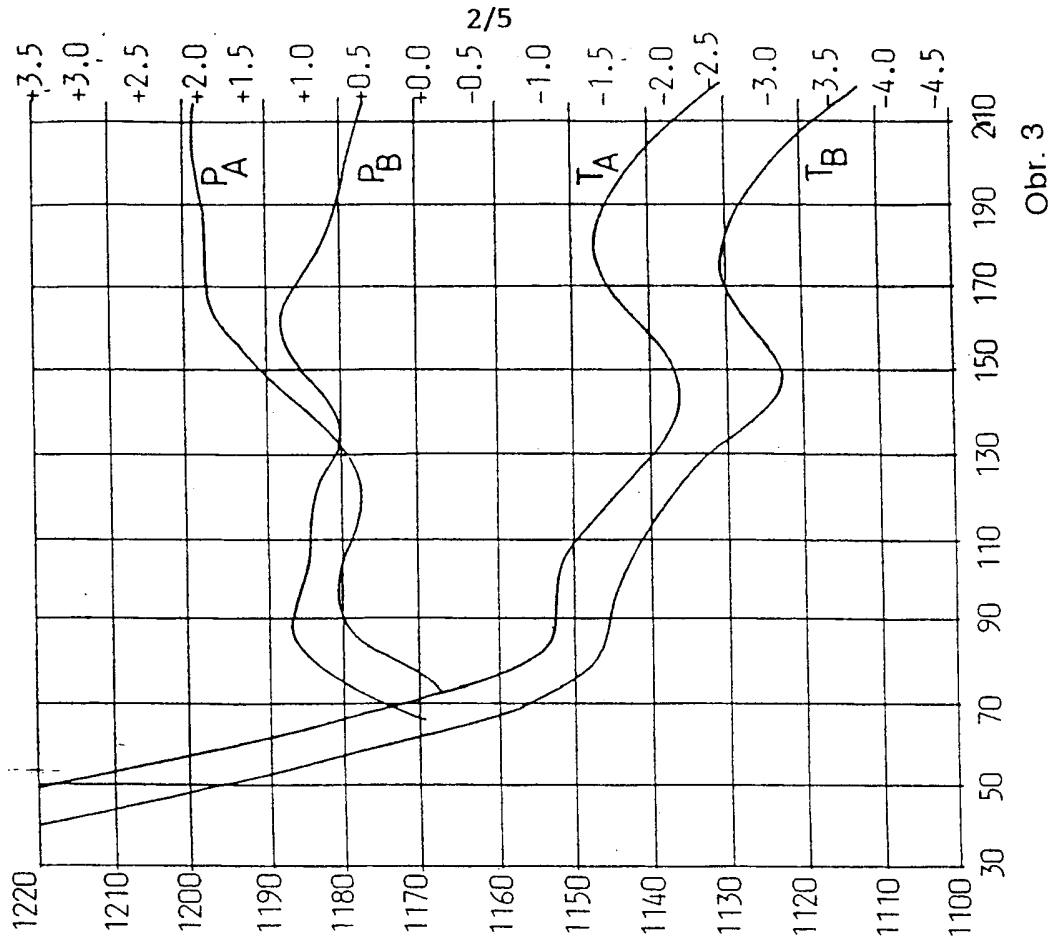
ii) první a druhá křivka chladnutí jsou zaznamenávány zmíněnými prvním a druhým teplotním čidlem, (10) a (12); a

záznamový prostředek a kód čitelný pro počítač k určení hodnoty množství V_a přísady pro modifikaci struktury, které je třeba přidat do taveniny na základě porovnání s křivkami pro uvolňování tepla podle dříve zaznamenaných kalibračních údajů.

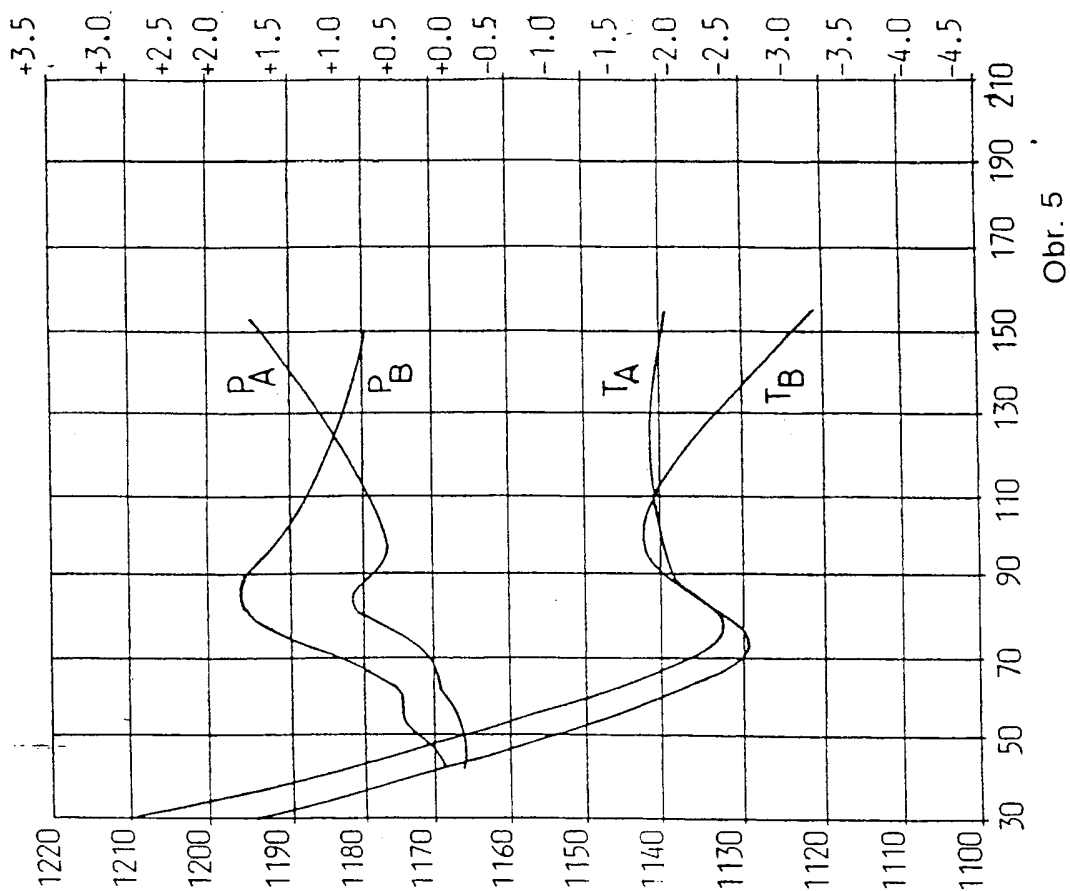
1/5



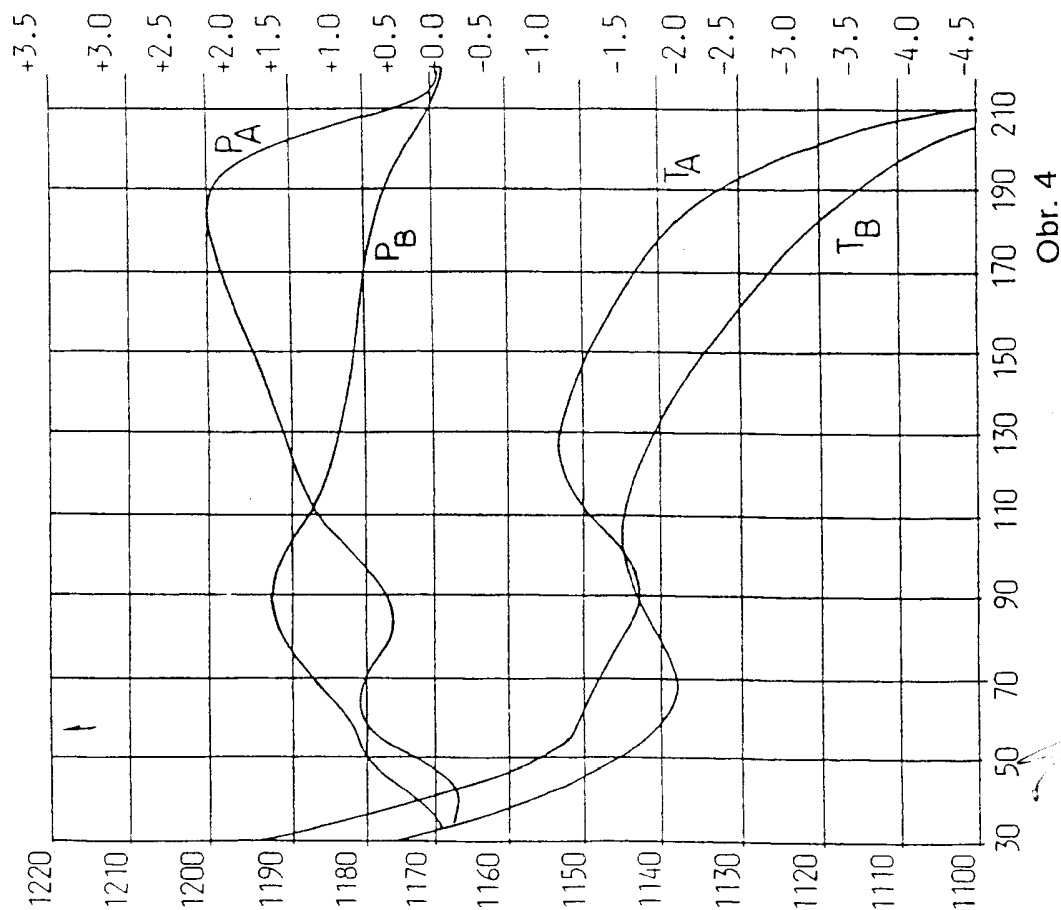
Obr. 1



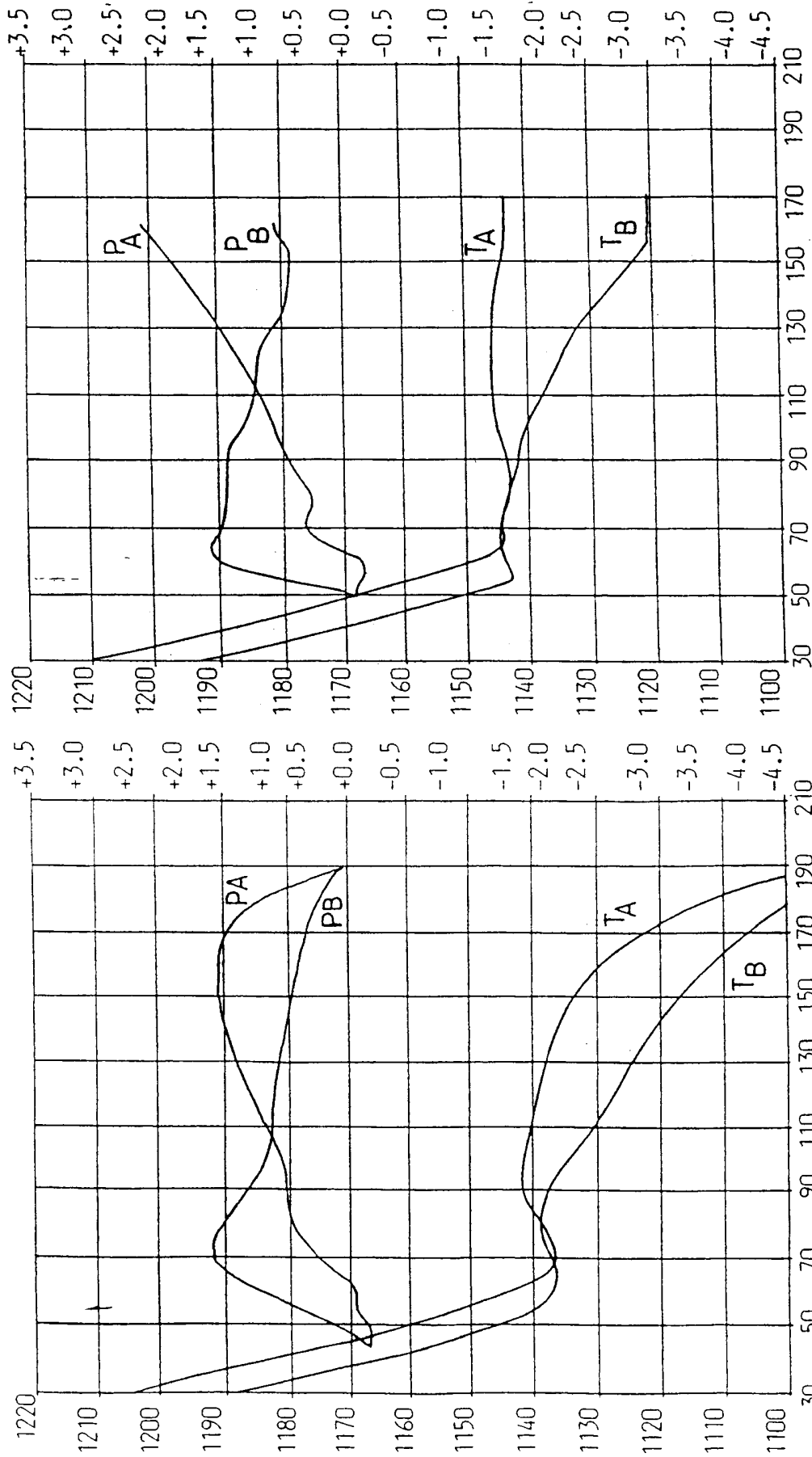
3/5



Obr. 5



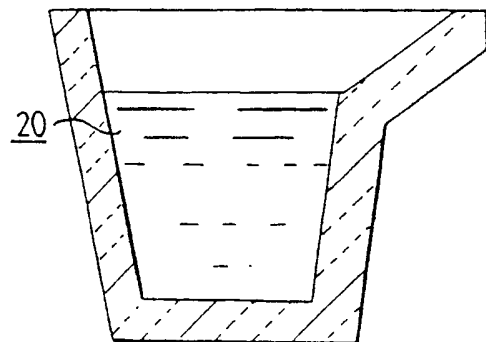
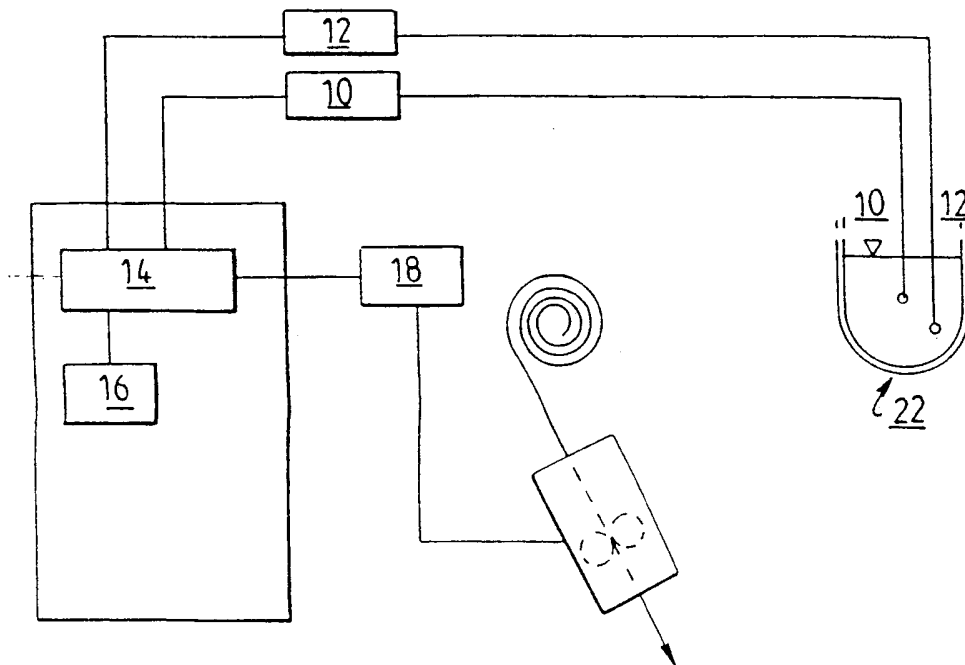
Obr. 4



Vložková litina Obr. 7

Obr. 6

5/5



Obr. 8

Praha a.s.
20