

# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

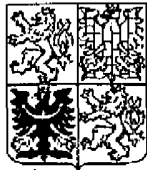
zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

## 3513-97

(19)

ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **06. 11. 97**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **07.11.96**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **96/9613777**

(33) Země priority: **FR**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **15. 07. 98**  
(Věstník č. 7/98)

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>:

**B 22 D 11/06**

(71) Přihlášovatel:

USINOR, Puteaux, FR;  
THYSSEN STAHL AKTIENGESELLSCHAFT,  
Duisburg, DE;

(72) Původce:

Damasse Jean Michel, Metz, FR;  
Salvado Olivier, Thorigny, FR;

(74) Zástupce:

Andera Jiří Ing., Nad Štolou 12, Praha 7,  
17000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob spojitého litého mezi válců**

(57) Anotace:

Podle navrženého způsobu se provádí zjišťování poruch v průběhu spojitého litého mezi válců, při kterém se v průběhu litého snímá signál, závislý na síle oddalování válců. Tento signál se rozloží do jednotlivých harmonických složek, přičemž výsledek porovnání takto získaných harmonických složek s referenčními harmonickými složkami odpovídá poruchovému stavu válců na základě kterého se provádí definice pravidel řízení litého procesu.

CZ 3513-97 A3

Způsob spojitého lití mezi válců

### Oblast techniky

Vynález se týká spojitého lití tenkých kovových výrobků, zvláště z oceli,  
5 mezi dva válce.

### Dosavadní stav techniky

Výrobek, například tenký pás oceli o tloušťce několika milimetrů, se podle známého způsobu získává naléváním roztaveného kovu do liciho prostoru, který  
10 je vymezen dvěma v opačných směrech rotujícími chlazenými válci s rovnoběžnými osami. Kov, který přijde do styku s chladnými stěnami válce, pláští, ztuhne a obě válce poháněné vrstvy ztuhlého kovu se spojí v nejužším místě mezi válci do řečeného pásu, který se dále odtahuje směrem dolů.

15 Způsob lití mezi válce podléhá různým omezením, která se týkají jak odlévaného výrobku tak použití liciho zařízení.

Například tvar a rozměry průřezu litého pásu musí odpovídat průřezu požadovanému, skutečný průřez pásu přímo závisí na prostoru, mezeře, v nejužším místě mezi válci.

20

Pro výše popsané spojitě lití mezi válce je znám způsob regulace, který je popsán v patentové přihlášce FR-A-2728817, založený na snímání síly oddalování válců (RSF - rolls separating force) a její regulaci změnou vzdálenosti válců. Tento způsob umožňuje měnit vzdálenost válců; válce se vzdálí, je-li síla příliš vysoká, a přiblíží, pokud síla poklesne. Je to výhodné zvláště proto, že  
25 nemůže dojít k přerušení toku kapalného kovu nebo dokonce k přetržení odlévaného pásu, navíc tento způsob zabrání i poškození válců, pokud by odlévaný kov ztuhl více, než se předpokládá.

30

Dále je známo, že nelze zcela vyloučit ne zcela kulaté (nekulaté) válce, na jedné straně z mechanických důvodů, na straně druhé díky tepelným deformacím,

kterým je plášť válce vystaven, když se při zahájení lití poprvé setká s roztaveným kovem a rovněž později při otáčení válců. Způsob kompenzace této nekulatosti, kterou budeme nadále nazývat "normální nekulatost" (nebo také "mechanická nekulatost", ačkoliv je částečně tepelného původu), je již znám; způsob zahrnuje 5 zařízení, které automaticky přizpůsobuje polohu ložisek nejméně jednoho z válců v závislosti na úhlové poloze válců tak, aby mezera mezi válci zůstávala pokud možno konstantní. Protože je prakticky nemožné měřit přímo velikost mezery, bylo navrženo použít jako parametru, který zastupuje nekulatost, signálu vysílaného prostředkem snímání síly oddalování válců. Systém kompenzace nekulatosti je tak 10 zkombinován s regulačním systémem, jaký je popsán ve výše zmíněném vynálezu FR-A-2728817.

Použití výše popsaných způsobů však neumožňuje v reálném čase zjišťovat určité poruchy, které mohou být odpovědné za narušení licího způsobu, mohou 15 vést k jeho odstavení nebo trvalému poškození válců.

Jsou známy způsoby zjišťování poruch, vizuální i jiné, umožňující zjistit poruchy vztahující se k licímu způsobu, k tepelně - dynamickým vlastnostem roztaveného kovu nebo k těm, které jsou známy jako "lesklé pásy" (shiny strips). 20 Poslední porucha odpovídá místnímu snížení drsnosti povrchu válců, které vede ke kolísání v ochlazování pásu, dá se to zjistit měřením teploty odlitého pásu. Avšak pozorování těchto poruch lze provádět až po události, na hotovém pásu, a tedy poměrně dlouho poté, co došlo k poruše. Tyto poruchy mohou poškodit úpravu povrchu válců, zvláště pokud je jejich přítomnost zjištěna až v pozdějších 25 stadiích. V takovém případě jsou obvykle způsobená poškození neopravitelná.

Určité poruchy jsou a priori zřejmé z přímého pozorování signálu snímání síly oddalování válců. Průběhu tohoto signálu však odpovídá jak kolísání síly způsobené normální nekulatostí, tak kolísání způsobené jinými parametry nebo 30 událostmi, ke kterým může v průběhu lití docházet. Přímé pozorování signálu síly tak neumožňuje rozlišit vlivy, které uvedené jednotlivé příčiny mají na průběh signálu.

### Podstata vynálezu

Cílem vynálezu je vyřešit výše uvedené problémy pomocí zjišťování poruch v reálném čase ještě předtím, než rozvoj takové poruchy způsobí neopravitelné poškození, zejména válců, prostřednictvím měření síly oddalování válců (RSF). Účelem vynálezu je také umožnit další předvídání změn, kterými taková porucha prochází, tak, aby bylo možné operátorovi navrhnout nápravné opatření, popřípadě odstavení lití, v závislosti na vážnosti řečených poruch.

Tohoto cíle se dosahuje způsobem spojitého lití mezi válce k získání tenkého kovového výrobku, zvláště z oceli, kde se během lití spojitě měří síla oddalování válců a signál odpovídající kolísání síly oddalování válců (RSF) se snímá jako funkce času, a kde se mění nastavení válců, zvláště ve vztahu k řečenému signálu tak, aby se kompenzovala nekulatost válců, podle vynálezu; jehož podstata spočívá v tom, že pro zjišťování jiných poruch, než je nekulatost válců, se řečený signál rozkládá na jednotlivé harmonické složky, harmonické složky se porovnávají s referenčními harmonickými odpovídajícího řádu, výsledky řečeného porovnání představují poruchový stav licího procesu, a v závislosti na výsledku porovnávání jsou definována pravidla řízení licího procesu.

Po mnoha testech provedených v průmyslovém měřítku se podařilo prokázat, že existuje určitý vztah mezi kmity v signálu, který odpovídá síle oddalování válců, a výskytem poruch v průběhu lití. Například výskyt poruchy nazývané lesklý pás na válci se projeví přítomností rušivé složky v měřeném signálu oddalovací síly. Tato rušivá složka je periodická a objeví se při každé otáčce válce. Tato rušivá složka odráží přílišné ztuhnutí výrobku při průchodu nejužším místem mezi válci, které vede ke takovému kolísání síly, které je jednoduše rychlejší než kolísání způsobené například odchylkami v tloušťce tuhnutí výrobku.



označována  $h_i$  a hodnota odpovídající harmonické  $i$ -tého řádu za předem určený počet otáček válce bude označována  $H_i$ .

V určitém uspořádání vynálezu, kde je použito systému regulace mezery, například takového, jaký byl popsán výše, lze jako signálu odpovídajícího kolísání síly oddalování válců (RSF) získaného měřením této síly, použít sdruženého signálu, který odpovídá posunutí ložisek nejméně jednoho z válců. Jinak řečeno, signál, který se posléze rozloží do různých harmonických složek, se vztahuje přímo k odpovídajícímu posunutí, které generuje modul kompenzace nekulatosti, a tak odráží kolísání oddalující síly.

Pro rozklad signálu do jednotlivých harmonických složek se s výhodou může použít rychlá Fourierova transformace, která se aplikuje na signál odpovídající síle oddalování válců, buď přímo na signál měření oddalovací síly nebo na odpovídající signál generovaný modulem kompenzace nekulatosti.

V přednostním uspořádání vynálezu se hodnota  $H_i$ , která představuje harmonickou  $i$ -tého řádu, vypočte jako střední hodnota amplitudy  $h_i$  harmonické  $i$ -tého řádu za daný počet otáček. Protože se hodnota  $H_i$ , která představuje harmonickou  $i$ -tého řádu, počítá jako střední hodnota amplitud měřených za daný počet otáček, potlačí se tím vliv náhodných poruch umístěných v čase a prostoru, které se v průběhu několika otáček neopakují. Tedy, pokud je porucha generována přetrvávajícím problémem na válci, systém zintegruje tyto údaje po patřičném počtu otáček, zatímco účinek poruch, které se vyskytly jen při nízkém počtu otáček, zvláště nižším, než je počet otáček předem stanovený, bude významně zeslaben.

Porovnání změřeného signálu se signálem z lití považovaného za bezporuchové lze provést několika způsoby. Hodnoty  $H_i$ , které představují harmonické  $i$ -tého řádu, mohou být jednoduše jedna po druhé porovnány s referenčními hodnotami  $H_{ir}$ , které byly získány z měření lití považovaného za bezporuchové; součet rozdílů mezi hodnotami  $H_i$ , které představují harmonické  $i$ -

tého řádu, s referenčními hodnotami  $H_i$ , se poté zkontroluje na to, zda není příliš vysoký. Alternativně se mohou porovnávat podíly jednotlivých harmonických s referenčním rozdělením. S výhodou se však porovnání provádí na základě výpočtu těžiště (barycentrum) harmonických, které se vypočte pomocí vynásobení každé harmonické předem určeným váhovým koeficientem. Tím se každé harmonické přiřadí relativní důležitost, kterou má daná harmonická na výslednou hodnotu těžiště. Tuto výpočetní metodu ospravedlňuje experimentální pozorování: při lití považovaném za bezporuchové je nejdůležitější první harmonická, vliv dalších harmonických klesá se zvyšujícím se řádem uvažovaných harmonických. Přiřazením vhodného koeficientu harmonickým vyššího řádu se kmity takových harmonických vyšších řádů zdánlivě zesílí a jejich vliv na výpočet těžiště se stane zřejmější.

Například může být těžiště frekvencí vypočteno přiřazením koeficientu, který je roven amplitudě uvažované harmonické, každé harmonické frekvenci:

$$B_f (\text{Hz}) = \sum H_i * F_i / \sum H_i .$$

Takto získané těžiště může být normalizováno vydělením základní frekvencí  $F_0$ . Podíl  $R_f = B_f / F_0$  může být dále porovnán s předem určenou referenční hodnotou  $R_0$ . Normalizace zajišťuje, že rozdíly v základní frekvenci a tedy jakékoliv rozdíly ve skutečné rychlosti otáčení válců mezi litím uvažovaným a litím referenčním se neprojeví. Dále se může počítat také první derivace  $dR/dt$  a výsledek se může porovnávat s druhou předem stanovenou prahovou hodnotou. Umožní se tím sledování změn čísla  $R$  na čase, neboť rychlá změna  $R$  může znamenat rychlé zhoršování poruchy.

Z hodnot různých parametrů:

$A$ , které představuje celkovou amplitudu kmitů:  $A = \sum H_i$ ,

$R$ , které představuje podíl nebo vliv poruchy v signálu,

a  $E = dR/dt$ ,

Ize, jak bude ukázáno dále, sestavit rozhodovací tabulku, podle které lze operátorovi v reálném čase navrhnout zásahy do jistých parametrů lití s cílem napravit důsledek poruchy tak rychle po jejím objevení se, jak je to jen možné.

## 5 Přehled obrázků na výkresech

Další výhody vynálezu budou zřejmé z následného podrobného popisu příkladů provedení vynálezu, které jsou však jen informativní a v žádném případě se na ně vynález neomezuje. V popisu jsou uváděny odkazy na připojené výkresy, na kterých jednotlivé obrázky představují:

10

Na obr. 1 je schématický pohled na zařízení pro lití mezi válce se známým regulačním systémem, ale s harmonickým rozkladem signálu kompenzace nekulatosti.

15

Na obr. 2 je rozhodovací tabulka, která vymezuje postup rozhodování v procesu lití jako funkce různých parametrů, které poskytuje způsob podle vynálezu.

20

Na obr. 3a, 3b, 3c a 3d jsou grafy, které představují průběhy jednotlivých měřených nebo vypočtených parametrů při lití s kompenzací nekulatosti, které je považováno za bezporuchové.

25

Na obr. 4a, 4b, 4c a 4d jsou grafy odpovídající grafům předešlým při lití považovaném za špatné.

## Příklady provedení vynálezu

30

Licí zařízení, které je na obr. 1 zobrazeno jen z části, obvykle zahrnuje dva válce 1 a 2 s rovnoběžnými osami, které jsou vzdáleny tak, aby mezi nimi vznikla mezera. Ta odpovídá, až na rozměrové změny způsobené deformacemi vyplývajícími z oddalovací síly (RSF), požadované tloušťce odlévaného pásu. Oba válce 1 a 2 se otáčejí stejnou rychlostí v opačných směrech. Válce jsou nesený

schématicky znázorněnými ložisky 3 a 4 uloženými na dvou podporách 5 a 6, které jsou spojeny s rámem 7. Podpora 5, a tedy i osa odpovídajícího válce 1, je vzhledem k rámu 7 pevná. Druhá podpora 6 se může ve vedení na rámu 7 pohybovat. Její poloha je nastavitelná hydraulickými válci 9, které mohou podporou 6 pohybovat buď směrem k podpoře 5 nebo od ní. Prostředek měření síly oddalování válců (RSF - rolls separating force), jako je například snímač 8 síly, se nachází mezi pevnou podporou 5 a rámem 7. Snímač 10 snímá polohu pohyblivé podpory 6 a tedy také změny její polohy vzhledem k předem určené referenční poloze odpovídající požadované tloušťky pásu.

10

Při lití se roztavený kov nalévá mezi válce, začíná tuhnout ve styku s jejich chlazenými stěnami a vytváří ztuhlé vrstvy, které se hnány válci spojují více či méně na úrovni nejužšího místa 11 mezi válci do ztuhlého pásu, který se odtahuje směrem dolů. Kov tak působí na válce oddalující silou (RSF), která se měří snímačem 8 síly. Tato síla se mění zvláště v závislosti na stupni ztuhnutí kovu.

15

Pro regulaci této síly a také zaručení spojitosti lití zahrnuje lící zařízení regulační systém. Regulační systém zahrnuje první komparátor 12, který počítá odchylku mezi referenčním signálem síly a měřeným signálem síly ze snímače 8 síly. Signál odpovídající této odchylce se vede do regulátoru 13 síly, který vypočte žádanou polohu a vyšle signál žádané polohy ke druhému komparátoru 14. Signál síly ze snímače 8 síly se vede rovněž do kompenzačního systému 15 nekulatosti, který signál síly rozloží na jednotlivé harmonické a generuje kompenzační signály H1, H2 a H3 pro každou z řečených harmonických. Tyto signály H1, H2 a H3 se sečtou v součtovém členu 16, který generuje signál žádané opravy polohy a vyšle jej do druhého komparátoru 14. Výstupní signál ze druhého komparátoru 14 se spolu se signálem polohy ze snímače 10 polohy vede do třetího komparátoru 17. Výstupní signál ze třetího komparátoru 17 se vede do regulátoru 18 polohy, který ovládá hydraulické válce 9.

20

25

30

Otáčení válců 1 a 2 zajišťují motory 19 a 20, které řídí regulátor 21 rychlosti. Regulátor 21 rychlosti přijímá signál z regulátoru 22 tloušťky, do kterého

vstupují signál požadované tloušťky, signál síly vysílaný snímačem 8 síly a signál polohy vysílaný snímačem 10 polohy.

Činnost hydraulických válců 9 je v tomto regulačním systému automatická, hydraulické válce 9 například pracují ve směru oddalování válců, pokud je třeba oddalovací sílu (RSF) zmenšit, nebo naopak ve směru přibližování válců, pokud má být síla zvětšena. Podobným způsobem systém umožňuje kompenzaci, alespoň částečnou, normální nekulatosti; to znamená kompenzaci možného rozdílu mezi osou pláště válce a jeho osou otáčení a nepravidelností ve tvaru válce, ať již mají mechanický nebo tepelný původ. Regulační systém uvažuje tyto odchylky v tvaru a souososti a počítá požadované posunutí, které předává hydraulickým válcům 9, kterými se mezera mezi válci řídí tak, aby v průběhu otáčení válců zůstávala tak stálá, jak je to jen možné.

Nyní bude popsán přednostní způsob určování jednotlivých parametrů A, R a E, které informují operátora o výskytu poruchy a její závažnosti.

Podle tohoto způsobu se signál odpovídající síle oddalování válců rozloží. Tento rozklad provede modul 15 kompenzace nekulatosti prostřednictvím Fourierovy transformace. Namísto Fourierovy transformace se může použít například transformace Laplaceova nebo libovolná jiná matematická operace, případně operace zpracování signálu jako je například průchod filtry, kterou se signál rozloží na jednotlivé harmonické složky.

Poté se vypočtou výše popsané  $H_i$  hodnoty zprůměrováním amplitud  $h_i$  za předem určený počet otáček, například za posledních 10 otáček. Upozorňujeme, že předchozí způsob výpočtu koeficientů  $H_i$  je jen příkladný a v žádném případě omezující. Hodnoty  $H_i$  příslušné každé harmonické  $i$ -tého řádu lze vypočítat také jako odmocninu průměru druhých mocnin amplitudy  $h_i$  harmonické, nebo jí může být libovolná jiná hodnota, která charakterizuje harmonickou složku, vypočtená jako aritmetický průměr, metodou nejmenších čtverců nebo jinou metodou.

Nezávisle na výpočetní metodě představují hodnoty  $H_i$  amplitudy příslušné každé harmonické  $i$ -tého řádu a frekvence  $F_i$ .

Kritérium  $B_f$  se poté vypočte jako frekvenční těžiště (barycentrum) jednotlivých harmonických. Každé hodnotě  $F_i$  se přiřadí váha, která je rovna odpovídající hodnotě  $H_i$  a vypočte se těžiště uvažovaných harmonických:

$$B_f (\text{Hz}) = \sum H_i * F_i / \sum H_i.$$

Obecně se použijí pouze harmonické řádů 0, 1 a 2. Je však samozřejmě možné uvažovat i další harmonické.

Aby bylo možné provádět platná porovnávání při různých rychlostech otáčení válců, vypočte se podíl  $R_f = B_f / F_0$ , kde  $F_0$  odpovídá frekvenci otáčení válců.

V příkladném případě, ve kterém uvažujeme pouze první tři harmonické, získáme tři následující kritéria:

- celkovou amplitudu kmitů signálu:  $A = H_0 + H_1 + H_2$ ,

- normované těžiště:

$$R_f = (F_0 * H_0 + F_1 * H_1 + F_2 * H_2) / ((H_0 + H_1 + H_2) * F_0)$$

- změnu  $R_f$  v čase:  $E = dR_f/dt$ .

Porovnávání uvedených jednotlivých kritérií vypočtených v průběhu lití s předem určenými prahovými hodnotami umožňuje zjistit poruchu, která se při daném lití může objevit.

Například v případě, kdy je signálem odpovídajícím síle oddalování válců signál získaný z modulu kompenzace nekulatosti, který obsahuje hodnotu posunutí pohyblivého válce, v bezporuchovém stavu, pouze za přítomnosti normální nekulatosti, byly naměřeny a vypočteny následující hodnoty:

$$H_0 = 700 \mu\text{m}, H_1 = 200 \mu\text{m}, H_2 = 100 \mu\text{m} \text{ při}$$

$$F_0 = 0.2 \text{ Hz}, F_1 = 0.4 \text{ Hz}, F_2 = 0.8 \text{ Hz},$$

odtud  $B_f = 0.3 \text{ Hz}$  a  $R_f = 1.5$ .

Pokud se objeví lesklý pás, změní se hodnoty na  $H_0 = 350 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $H_1 = 350 \text{ } \mu\text{m}$ ,  $H_2 = 300 \text{ } \mu\text{m}$  a  $R_f = 2.25$ .

5

Je tedy zřejmé, že lze jednoduše stanovit vhodnou prahovou hodnotu  $R_f$ , například  $R_{f\text{prahová}} = 1.6$ , jejíž překročení může spustit poruchu naznačující výstrahu.

10 Lepšího vyhodnocení závažnosti poruchy lze dosáhnout současným uvažováním všech tří výše uvedených kritérií.

Rozhodovací tabulka, například taková, jaká je ukázána na obr. 2, může být použita přímo k vyhodnocení poruchového stavu lití, to znamená, že poskytuje 15 operátorovi informaci o přítomnosti, rozsahu a vývoji poruchy, naznačuje potřebu přijetí nápravných opatření, například změny jistých parametrů lití tak, aby se operátor pokusil napravit objevivší se poruchy, případně, při nejhorším, potřebu odstavení zařízení, aby se předešlo jeho nenapravitelnému poškození.

20 S tabulkou a příslušnými hodnotami  $A$ ,  $R_f$  a  $E$  se pracuje podle následujícího postupu:

- A "malé" je známkou malého kolísání síly oddalování válců, lití probíhá za příhodných podmínek,

25

- A "střední" a

- pokud  $R$  a  $E$  jsou "malé", znamená to malé nebo žádné poruchy, lití stále probíhá za příhodných podmínek,

30 - pokud je  $R$  "malé" a  $E$  "velké", může to znamenat, že ačkoliv se skutečná porucha neobjevila, je provozní režim zařízení z důvodů souvisejících v podstatě s "normální" nekulatostí nestabilní. Spustí se výstraha licího způsobu, která

operátora informuje o nutnosti upravit, například, tepelné poměry pláště válce (změnou teploty nebo průtoku chladicí vody),

- pokud je R "velké" a E "malé", znamená to přítomnost poruchy, která se ovšem nijak zdatelně nerozvíjí, spustí se výstraha licího způsobu,

5 - pokud je R "velké" a E "velké", poruchy jsou přítomny a rychle se rozvíjí, je vyžádáno odstavení způsobu,

- A "velké" a

10 - pokud R a E jsou "malé", není přítomna žádná skrytá chyba, normální nekulatost se správně kompenzuje, ale amplituda kompenzačního pohybu pohyblivého válce je vysoká, což nevdí samotnému lití, ale může ukazovat na problém geometrie válců,

- pokud je R "velké" a E "malé", znamená to přítomnost poruchy, která se ovšem nijak zdatelně nerozvíjí, spustí se výstraha licího způsobu,

15 - pokud je E "velké", bez ohledu na hodnotu R, znamená to rychlý rozvoj poruchy a je vyžádáno okamžité odstavení licího způsobu.

Povšimněte si, že výrazy "malé", "střední", "velké" se přiřazují jednotlivým kritériím na základě porovnání s experimentálními údaji získanými v předchozích  
20 litích.

Pro názornost možností detekce poruch způsobem podle vynálezu viz obr. 3a, 3b, 3c a 3d, na kterých je ukázán průběh jednotlivých parametrů měřených a počítaných při lití s kompenzací nekulatosti, které je považováno za dobré, a obr.  
25 4a, 4b, 4c a 4d, na kterých je pro srovnání průběh stejných parametrů při lití s poruchami lesklých pásů.

Na obr. 3a a 3b jsou kolísání síly oddalování válců, které je vyjádřené jako procento přípustné RSF, po dobu 40 minut od zahájení lití.

Na obr. 3b a 4b jsou změny parametru A, to znamená střední amplitudy posunutí ložisek pohyblivého válce řízených modulem kompenzace nekulatosti za 10 otáček v  $\mu\text{m}$ , v uvedeném čase.

5 Na obr. 3c a 4c jsou změny parametru R v uvedeném čase.

na obr. 3d a 4d jsou změny hodnot  $H_0$ ,  $H_1$  a  $H_2$ , které představují amplitudy jednotlivých harmonických řádů 0, 1 a 2, na čase; první amplituda ( $H_0$ ) je v dolní části grafu, druhá ( $H_1$ ) ve střední a třetí ( $H_2$ ) v horní části grafu.

10

Z grafů je zřejmé, že v lití považovaném za dobré odpovídá vzrůst parametru A v prvních 20 minutách podobnému vzrůstu amplitudy  $H_0$ , který odráží pomalý vývoj kompenzace nekulatosti, až se nakonec ustálí na přibližně  $50 \mu\text{m}$ , což naznačuje téměř dokonalou kompenzaci. Povšimněte si rovněž stability parametru R, které dosáhne po přibližně 10 minutách, když předtím R se pohybovalo na poněkud vyšších hodnotách, které odpovídaly relativně velké amplitudě  $H_2$  ve stejném období po zahájení lití.

20 Grafy na obr. 4b, 4c a 4d, které byly získány z lití doprovázeného poruchami, ukazují velké amplitudy  $H_1$  a  $H_2$  v průběhu celé doby měření, a výsledné vysoké hodnoty A a zejména R.

25 Z popsaných záznamů je snadné porozumět, proč v reálném čase prováděné porovnávání hodnot A a zvláště R s předem určenými prahovými hodnotami umožní rychlé zjištění poruchy, která odpovídá velkým amplitudám harmonických  $H_1$  a  $H_2$ , a následnou okamžitou reakci změnou licích parametrů, která zabrání dalšímu zhoršování poruchy.

30 Vynález se neomezuje na výše uvedený příkladný způsob výpočtu jednotlivých parametrů.

Například lze k výpočtu použít stejné hodnoty  $H_i$ , které reprezentují amplitudu každé harmonické. Jiné těžiště (barycentrum)  $B$  harmonického spektra, jehož hodnota odpovídá oddalovací síle, lze vypočítat například přiřazením takového pečlivě zvoleného váhového koeficientu každé hodnotě  $H_i$ , aby se zdůraznil vliv harmonické nejvyššího řádu, která obvykle s poruchou souvisí, v takto vypočítaném těžišti. Kvůli určování úrovně poruchy pomocí porovnávání s poruchovými stavy (bezporuchové lití, rušené lití, špatné lití vedoucí k odstavení nebo poškození válců, apod.) předchozích lití v reálném čase se nezávisle na typu výpočtu těžiště hodnoty, které představují jednotlivé harmonické, a váhové koeficienty příslušné každé harmonické použijí tak, aby bylo možné snadno sledovat vývoj hodnoty těžiště a porovnávat je s experimentálními hodnotami.

Pro porovnávání harmonických lze rovněž definovat referenční rozdělení (distribuci) amplitud harmonických jako procento celkového signálu příslušné každé harmonické. Například lze a priori předpokládat, že první harmonická představuje 66% signálu, druhá 17% a třetí rovněž 17%. Potom je možné sledovat, jak se toto rozdělení vyvíjí v průběhu každého lití, a posuzovat odchylky z porovnávání s referenčním rozdělením. Porovnávání se může například provádět pomocí výpočtu součtu  $R_d$  rozdílů mezi poměrem  $H_i/A$  každé harmonické složky v měřeném signálu, který odpovídá oddalovací síle, a referenčním podílem  $\alpha_i$ :

$$R_d = \text{pos}(\alpha_0 - H_0/A) + \text{pos}(H_1/A - \alpha_1) + \dots + \text{pos}(H_i/A - \alpha_i)$$

(to znamená, že každý sčítanec součtu se uvažuje jen tehdy, je-li kladný). Tedy, pokud je podíl harmonické 0. řádu větší než podíl referenční, nebo je-li podíl harmonické většího řádu menší než podíl referenční, rozdíl příslušný takové harmonické není do součtu zahrnut. Například, pokud první harmonická představuje 98%  $A$ , druhá harmonická 2% a třetí 0%, odpovídá to téměř naprosté nepřítomnosti harmonických řádů vyšších než 0 a tedy nepřítomnosti poruch, je  $R_d = 0$ .

Pokud zařízení pro spojitě lití mezi válce neobsahuje systém regulace mezery jako funkce nekulatosti, může způsob podle výše popsaného vynálezu

použit jako signálu, který se podrobí harmonickému rozkladu, přímého měření kolísání síly oddalování válců (RSF). Pokud však kompenzační modul již je součástí licího zařízení a provádí, v rámci jeho normální činnosti, požadovaný rozklad do harmonických, je využití takto získaných hodnot  $H_i$  zvláště výhodné.

## PATENTOVÉ NÁROKY

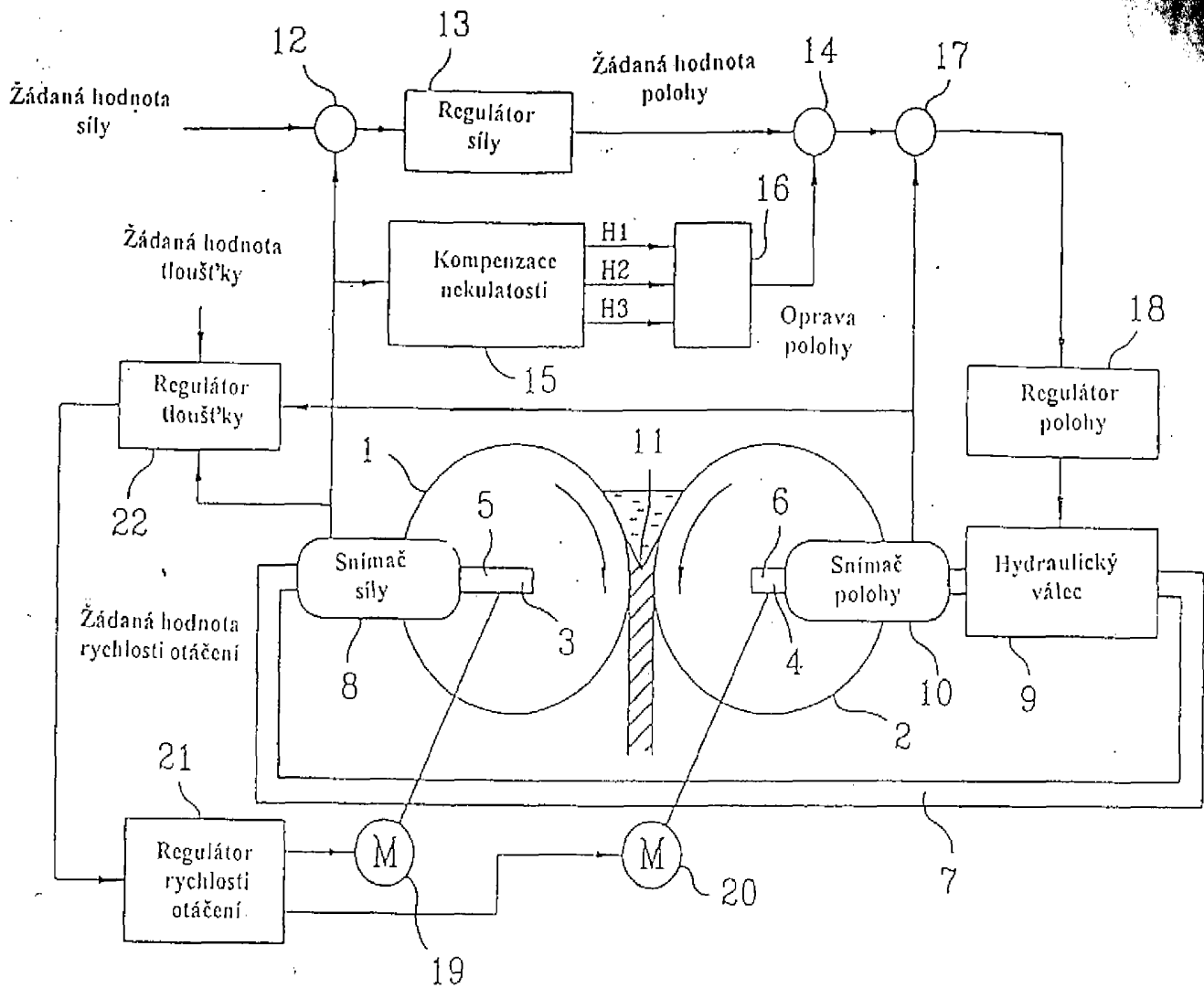
1. Způsob spojitého lití mezi válců k získání tenkého kovového výrobku, zvláště z oceli, kde se během lití spojitě měří síla oddalování válců (RSF - rolls separating force) a signál odpovídající kolísání síly oddalování válců (RSF) se snímá jako funkce času, a kde se upravuje oddálení válců, zvláště jako funkce řečeného signálu tak, aby se kompenzovala nekulatost válců, **vyznačující se tím**, že pro zjišťování jiných poruch, než je nekulatost válců, se řečený signál rozloží na jednotlivé harmonické složky a harmonické složky se porovnají s referenčními harmonickými odpovídajícího řádu, výsledky řečeného porovnání představují poruchový stav lícího procesu, a v závislosti na výsledku porovnávání se definují pravidla řízení lícího procesu.
2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že odpovídající signál získaný měřením kolísání síly oddalování válců (RSF) je sdruženým signálem, který se použije jako žádaná hodnota posunutí pro ložiska válce v regulační smyčce oddalování mezi válci.
3. Způsob podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že pro rozklad signálu odpovídajícího kolísání síly oddalování válců (RSF) do jednotlivých harmonických složek se použije Fourierovy transformace.
4. Způsob podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že pro porovnávání se jako hodnoty, která představuje každou harmonickou  $i$ -tého řádu, použije hodnoty  $H_i$ , která je průměrem amplitud  $h_i$  harmonické tohoto řádu měřených po daný počet otáček.
5. Způsob podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že pro porovnávání se použije těžiště - barycentra - harmonických, které se vypočte přiřazením předem určeného váhového koeficientu hodnotě, která představuje každou harmonickou.

6. Způsob podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že se vypočte frekvenční těžiště  $B_f = \Sigma (H_i \cdot F_i) / \Sigma H_i$ , kde hodnotou, která představuje každou harmonickou, je její frekvence  $F_i$  a váhový koeficient  $H_i$  představuje amplituda uvažované harmonické.
7. Způsob podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že porovnávání se provádí na základě podílu  $R_f = B_f / F_0$ , kde  $F_0$  je frekvence, která odpovídá rychlosti otáčení válců.
8. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že jako porovnávacího kritéria pro porovnávání se použije podílu  $H_i/A$  každé harmonické složky ve vztahu k signálu odpovídajícímu oddalovací síle,  $H_i$  představuje amplitudu harmonické i-tého řádu a  $A = \Sigma H_i$ .
9. Způsob podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že výsledek porovnávání je představován součtem
- $$R_d = \cos(\alpha_0 - H_0/A) + \cos(H_1/A - \alpha_1) + \dots + \cos(H_i/A - \alpha_i).$$
10. Způsob podle jednoho z nároků 7 nebo 9, **vyznačující se tím**, že pro určování dalšího postupu lití se použije rozhodovací tabulky na základě hodnot kritérií:

-  $A = \Sigma H_i$ ,

-  $R$  ( $R_f$  nebo  $R_d$ )

-  $E = dR/dt$ .



OBR. 1

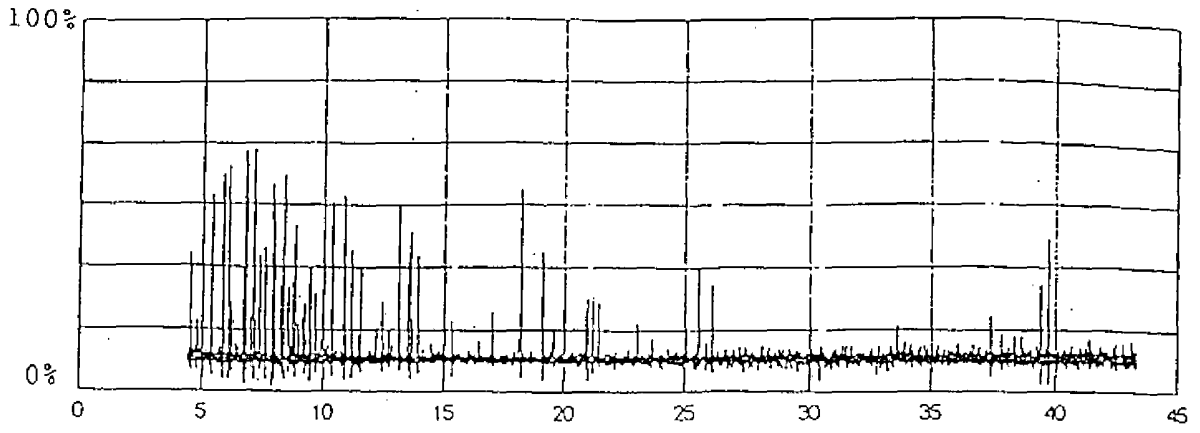
Rozhodovací tabulka

A	malé	střední		velké			
		E \ R	malé	velké	E \ R	malé	velké
1	malé		1	2		1	2
	velké		2	3		3	3

- 1: nízké rušení
- 2: procesní výstraha
- 3: odstavení líti

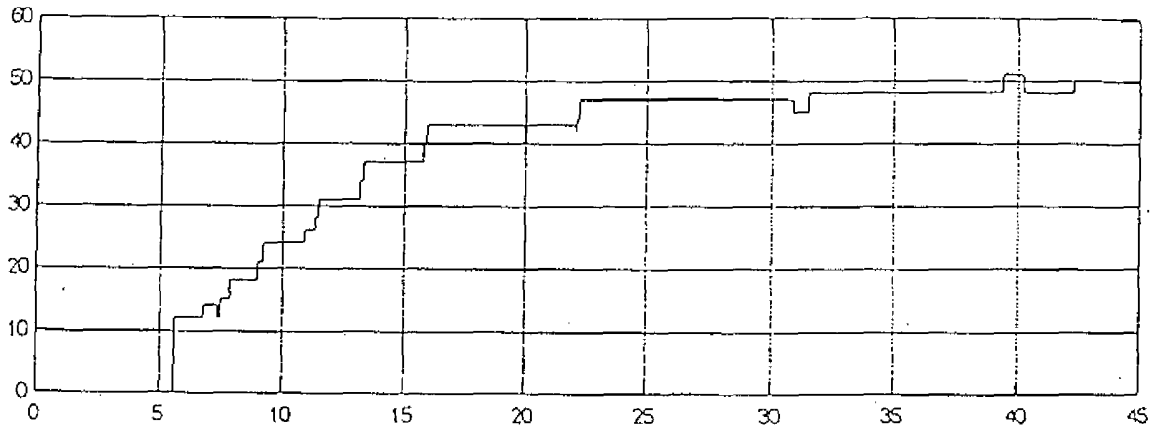
OBR 2

% maximální  
přípustné síly RSF



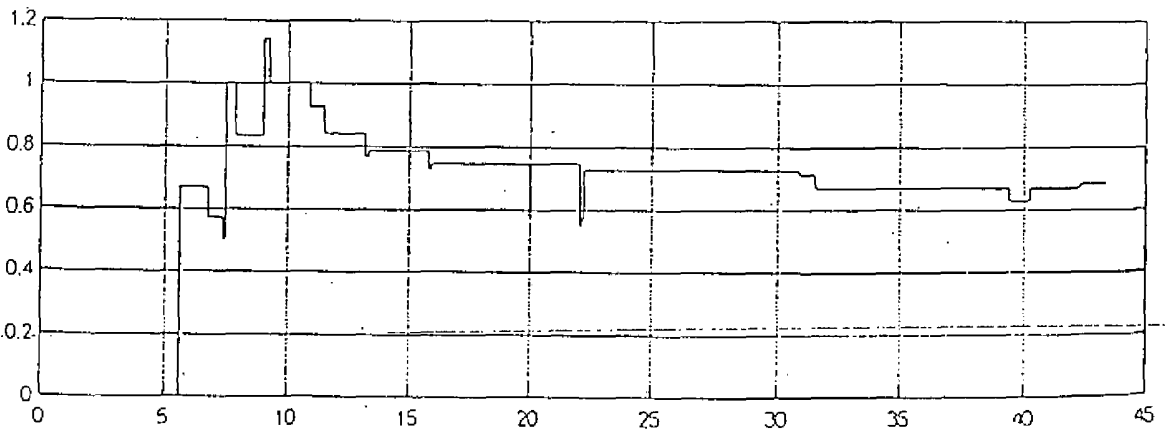
Obr. 3a

Parametr A ( $\mu\text{m}$ )



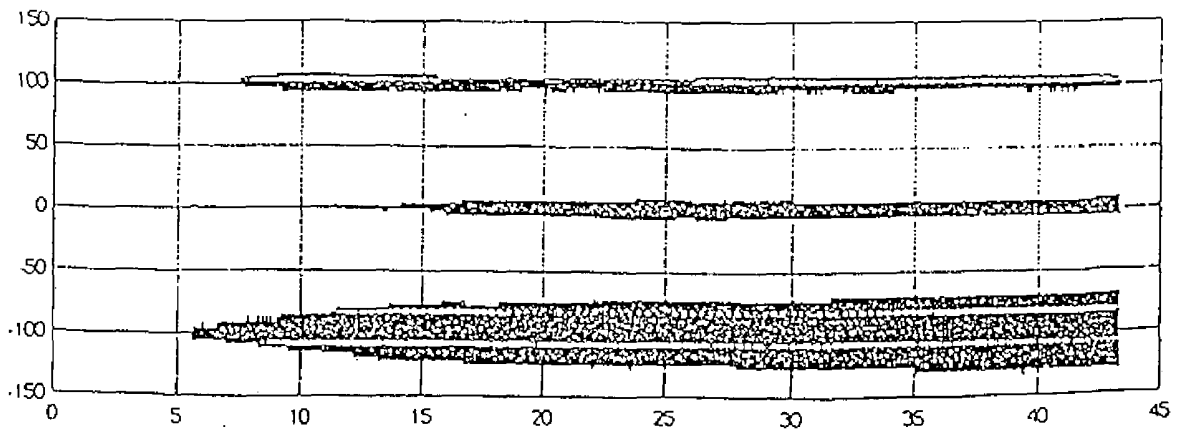
Obr. 3b

Parametr R - I



Obr. 3c

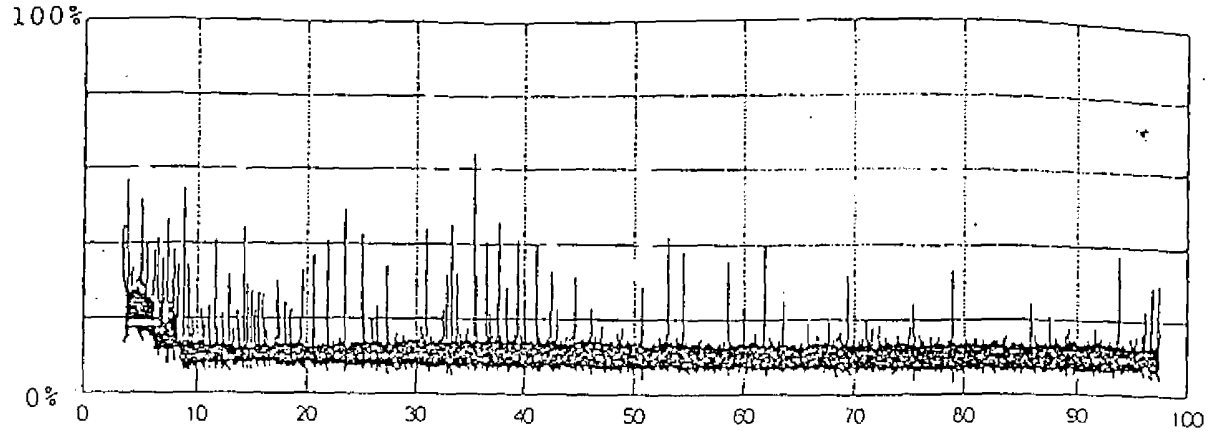
H0 - 100 H1 H2 + 100  $\mu\text{m}$



minuty od zahájení otáčení válců

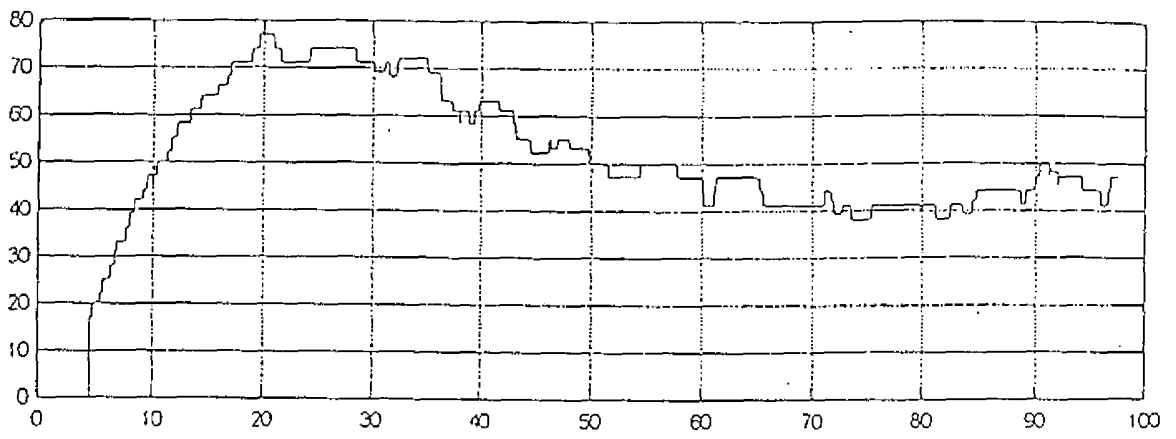
Obr. 3d

% maximální  
přípustné síly RSF



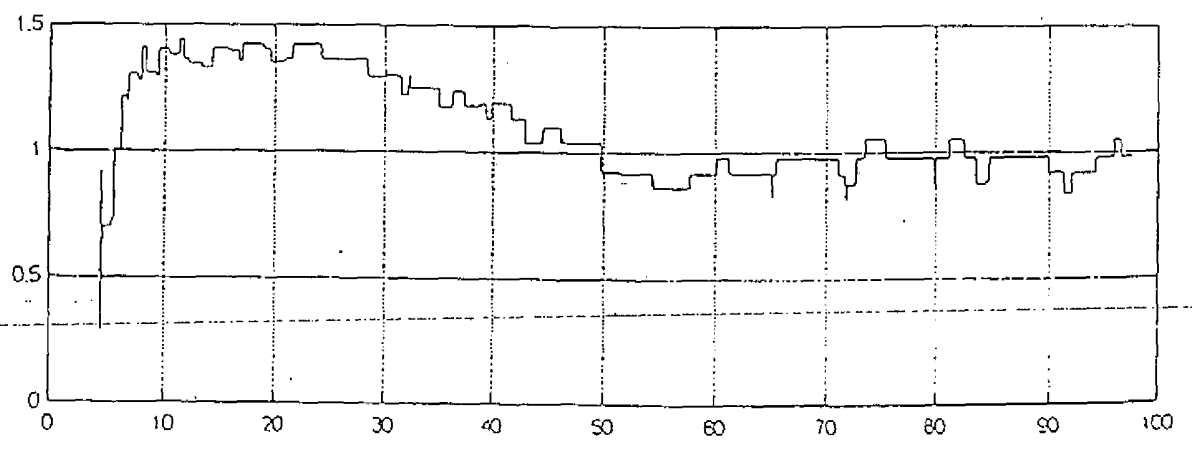
Obr. 4a

Parametr A (µm)



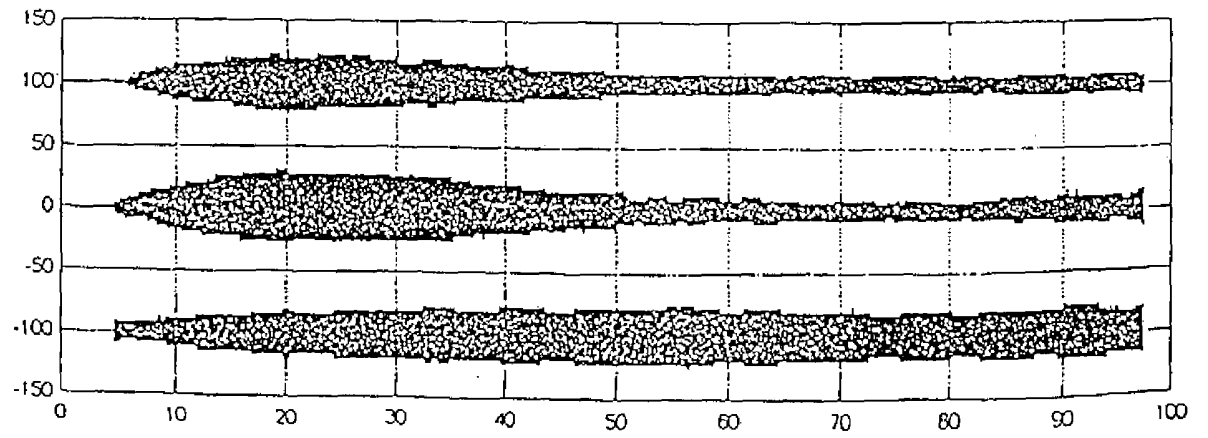
Obr. 4b

Parametr R - 1



Obr. 4c

H0 - 100 H1 H2 + 100 µm



minuty od zahájení otáčení válců

Obr. 4d