



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

266 315

(11)

(13) B2

(51) Int. Cl.⁴
E 01 B 5/02

(21) PV 1110-81

(22) Přihlášeno 18 02 83

(30) Právo přednosti od 19 02 82 FR (8202817)

(40) Zveřejněno 14 03 89

(45) Vydáno 13 09 90

(72) Autor vynálezu

DEROCHE RAYMOND YVES ing., THIONVILLE, BOURDON YVES,
BOUZONVILLE, FAESSEL ANDRÉ ing., HAYANGE (FR)

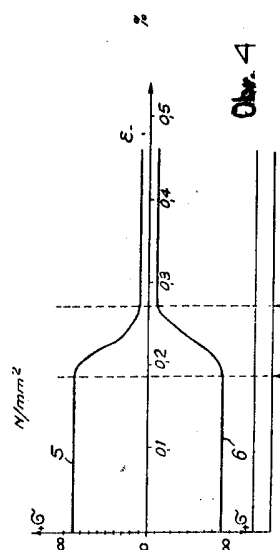
(73) Majitel patentu

SACILOR S.A., HAYANGE (FR)

(54)

Způsob rovnání železniční kolejnice

(57) Způsob spočívá v tom, že se ocelová kolejnice vystaví tahovému napětí přesahujícímu mez pružnosti oceli, a to až do hodnoty napětí odpovídající celkové plastické deformaci kolejnice. Řešení se také vztahuje na kolejnice rovnané tímto způsobem, vyrobené z druhé oceli o mezi pevnosti v tahu menší nebo rovné $1\,000\text{ N/mm}^2$, u nichž jsou zbytková vnitřní napětí nižší než $\pm 50\text{ N/mm}^2$ a z druhé oceli o mezi pevnosti vyšší než $1\,000\text{ N/mm}^2$, u nichž jsou zbytková vnitřní napětí nižší než $\pm 100\text{ N/mm}^2$.



Vynález se týká dokončování železničních kolejnic a zejména uvolňování napětí a rovnání kolejnic z běžných druhů ocelí, tepelně zušlechťených nebo legovaných extra-tvrdých ocelí.

Po válcování je horká kolejnice, tedy ve stavu velmi citlivém na deformace, vystavena celé řadě manipulačních a pracovních operací, jako je doprava na válečkových tratích, řezání a příčné posuny, které mohou vyvolat deformace. Chlazení je rovněž zdrojem značných deformací, a to přes všechna opatření, která je možno učinit pro jejich snížení na minimum nebo vyloučení. Nestejné chlazení různých částí kolejnice, jejíž profil není symetrický podle obou hlavních rovin, má za následek, že kolejnice vystupující z chladicího zařízení vykazuje více či méně výrazné prohnutí, které závisí na podmínkách chlazení. Délky vláken hlavy, stojiny a paty kolejnice jsou nestejně. Bez ohledu na to, jaká opatření byla učiněna pro snížení na minimum nebo vyloučení deformace vyplývající z chlazení, je v průmyslovém měřítku nemožné docílit na výstupu z chladicích zařízení 100% množství kolejnic, které jsou dostatečně přímé k tomu, aby mohly být v tomto stavu dodávány pro výstavbu železničních tratí. Nevyhnutelně nestejně chlazení kolejnic, vyplývající z jejich nesymetrického profilu, je kromě toho zdrojem zbytkových napětí, která mohou podporovat šíření trhlin po té, co je kolejnice osazena na trati, a to zejména kolejnic z extra-tvrdé oceli, používaných pro silně zatížené tratě, jako důlní dráhy nebo sítě specializované na dopravu těžkého zboží.

Eventuální tepelná zpracování kolejnic, aplikovaná na jejich celý profil nebo jeho část před průchodem chladicími zařízeními, nebo řízené chlazení, zdůrazňují riziko deformací nebo výskytu značných zbytkových napětí. I nejméně přísné požadavky na výrobu kolejnic nedovolují kolejnice dodávat je uživateli ve stavu přímosti, v němž opouští chladicí zařízení. Je proto nevyhnutelné kolejnice rovnat. Při rovnání je nutné vystavit rovnaný kov napětí přesahující mez pružnosti, aby tak byl zpracováván alespoň lokálně v plastickém oboru.

Podle známého stavu techniky se používaly nebo se dosud používají dva typy rovnacích zařízení. Nejstarším typem zařízení je rovnací list, v němž se ukládá část kolejnice, která se má rovnat, na kovářskou lisu. Rovnaná část kolejnice se přetváří pístem lisu s vertikálním pohybem, na nějž se připevní vložka uzpůsobitelná rozměrům rovnané kolejnice. Tím se kolejnici dodává zakřivení opačného smyslu. Kovadliny a písty, umístěné po stranách kolejnice, dovolují rovnat na stejném principu kolejnici v bočním směru. Obsluha lisu zjišťuje vizuálně části kolejnice, které se mají rovnat, a kontroluje pravítkem po každém rázu lisu dosažené vyrovnání. Tento způsob rovnání, který vyžaduje zkušenou obsluhu, je těžkopádný a nákladný. Získaný výsledek navíc neodpovídá požadavkům moderní železniční sítě.

Uvedený princip je proto v současné době používán pouze jako doplněk rovnání na válečkových rovnacích strojích, které představují druhý typ rovnacích zařízení. Tyto stroje rovnají kolejnici v jedné nebo obou jejích hlavních rovinách a jsou obvykle opatřeny rovnacími válečky v počtu 5 až 9. Kolejnice je vystavována ohybovým deformacím střídavě v obou směrech. Horní, a to poháněcí, válečky unášejí kolejnici, posouvají kolejnici a udělují jí spolu se spodními, volně otáčivými válečky, deformace v navzájem protichůdných smyslech. V trojúhelníku tvořeném třemi prvními válečky se kolejnici uděluje prvotní deformace, nezávislá na původní deformaci, která se má korigovat. Ve druhém trojúhelníku, tvořeném druhým, třetím a čtvrtým válečkem, se kolejnici uděluje deformace protichůdná vůči předchozí. Pátý a následující válečky mají za úkol kolejnici napřimovat vhodnými prostřídávanými deformacemi. Konce kolejnice nejsou rovnány na určité délce, odpovídající roztoči os válečků. Tyto koncové úseky pak musí být rovnány na rovnacím lisu.

Způsob rovnání pomocí válečků vystavuje postupně za sebou určitá vlákna kovu tahu a tlaku. Na výstupu z válečkového rovnacího zařízení je stojiná kolejnice vystavena podélnému pružnému tlaku, zatímco hlava a pata kolejnice jsou vystaveny podélnému pružnému tahu. Tato vnitřní napětí vyplývají z rovnání pomocí válečků. Nezávisle na počátečním stavu přímosti kolejnic na výstupu z chladicího zařízení podstupují všechny kolejnice ve válečkovém rovnacím zařízení značné deformace, vedoucí k následujícím nevýhodám.

Těmito nevýhodami jsou zejména značné zkrácení kolejnice, redukce výšky profilu kolejnice, vzrůst šířky hlavy a paty kolejnice, soustavný rozdíl rozměrů kolejnice mezi konci nezpracovávanými válečky a zpracovaným tělesem kolejnice, a častá potřeba dokončovat rovnání konců na lisu, což vede k mírnému polygonálnímu tvaru konců a tedy k nemožnosti dokonaleho a přímého navázání na těleso kolejnice. Dalšími nevýhodami je soustavné vytváření vnitřních napětí, která mohou podporovat šíření trhlin ve všech kolejnicích a nebezpečí tvorby křehkých trhlin ve spojích mezi stojinou a patou a hlavou kolejnice. Tyto trhliny jsou vnitřní a tedy neviditelné při vizuální prohlídce a vytvářejí potenciální nebezpečí velmi vážných nehod. Dále existuje nebezpečí tvorby sinusovitých zvlnění o větší či menší amplitudě na hlavě kolejnic, a to v důsledku obtížně odstranitelných výstředností válečků. Tato zvlnění mohou vyvolat více či méně vážné obtíže na trati podle toho, jak velká je rychlost pojezdu.

Způsoby rovnání kolejnic pomocí válečků, doplňované popřípadě rovnáním na lisu, dovolují uspokojit současné normy platné pro výrobu kolejnic pouze za cenu mimořádně pečlivých a nákladných opatření. Norma UIC 860 například předepisuje, pokud jde o přímost kolejnice, maximální průhyb 0,7 mm na délce 1,5 m pro konce kolejnice, přičemž přímost je posuzována vizuálně na tyčovém tělese. Pro kolejnice určené pro železniční tratě s velkou rychlostí jízdy, tj. pro vlaky dosahující provozní rychlosti 260 km/h, a kde se dosahuje rychlosti až 380 km/h, jsou ustanovení normy UIC 860 doplněna následujícími přídatnými požadavky. Jsou to zejména požadavek, aby maximální zakřivení pro 18 metrové délky kolejnic bylo 40 mm a pro 36 metrové délky kolejnic nejvýše 160 mm. Dále je to požadavek, aby amplituda svislých výchylek pojezdové plochy byla menší než 0,3 mm. Dalšími požadavky jsou velikost vodorovné amplitudy příčných výchylek hlavy, která musí být menší než 0,5 mm, a konečně přímkové vyrovnání konců kolejnice s jejím tělesem ve svislém směru, definované maximálním průhybem 0,3 mm. Tento průhyb se měří pravítkem o délce 3 m, spočívajícím na pojezdové ploše a vybihající z konce kolejnice.

Uspokojení uvedených přídatných požadavků, které vyžaduje používat válečkových rovnacích zařízení a rovnacích lisů na mezi jejich možností, zvyšuje náklady na rovnání kolejnic.

Bylo rovněž navrženo rovnat kovové profily jakéhokoliv tvaru tahem, jak je popsáno ve francouzském patentu č. 573 675 z r. 1923. Podle tohoto známého způsobu se kovový profil, který je více nebo méně deformovaný, rovná tím, že se jeho vlákna rovnoměrně protahují až se dosáhne meze pružnosti kovu, popřípadě se tato mez přesáhne. Je též známo, že tažení kovu zvyšuje jeho tvrdost, přičemž se současně v důsledku značných deformací při tažení snižují parametry tažnosti a pružnosti. U kolejnic se však požaduje především houževnatost. To je pravděpodobně hlavním důvodem, který až dosud bránil používat rovnání tahem pro napřimování kolejnic.

Z ekonomických důvodů se stále více používají kolejnice z tvrdé oceli, která je dosti křehká v důsledku jejího složení, zatíženého vytvrzujícími prvky, jako je zejména uhlík. Zjistilo se, že u tohoto druhu kolejnic jsou rychlosti šíření únavových trhlin poměrně vysoké. Je známo, že únavové jevy se mohou vyvinout, když zbytková napětí dosahují vysoké úrovně. U oceli běžného druhu o mezi pevnosti 700 až 900 N/mm² je vnitřní napětí 100 N/mm². U přirozeně tvrdé oceli UIC o mezi pevnosti 900/1 000 N/mm² je toto vnitřní napětí 200 N/mm². U mimořádně tvrdé oceli s mezi pevnosti 1 100 až 1 200 N/mm² činí toto vnitřní napětí 300 N/mm².

Nedostatky známého stavu techniky odstraňuje vynález, jehož podstatou je způsob rovnání železničních kolejnic, při kterém se ocelová kolejnice vystaví tahovému napětí přesahujícímu mez pružnosti oceli, až po hodnotu napětí odpovídající celkové plastické deformaci oceli.

Toto řešení umožňuje odstranit nevýhody známých způsobů a vyloučit nutnost následného rovnání v rovnacím lisu, přičemž se současně dosahuje toho, že kolejnice jsou prosté všech zakřivení. Dále je zajištěno přímé a plynulé napojení mezi konci a tělesem kolejnice při

vyloučení jakýchkoli polygonálních útvarů. Současně je zaručeno vyloučení všech periodických zvlnění na pojezdové ploše hlavy kolejnice. Dalším přínosem způsobu podle vynálezu je to, že se vyloučí nebezpečí vzniku křehkých trhlin v místě zaoblených napojení stojiny na hlavu a patu kolejnice. Dále se dosahuje toho, že se během rovnání nevytváří škodlivá vnitřní napětí a že se zmenší vnitřní napětí, zavedená do kolejnice pracovními pochody, předcházejícími rovnáním (tepelná zpracování, chlazení).

Tyto poslední dvě skutečnosti vyplývají z toho, že tahová deformace rovnané kolejnice je zcela plastická.

Pro známé druhy a kvality oceli tepelně zušlechtnuté nebo nikoliv se ukázalo, že se získávají velikosti hodnot zbytkových podélných napětí nižších než $\pm 100 \text{ N/mm}^2$ pro druhy kolejnicových ocelí s mezí pevnosti v tahu větší než $1\,000 \text{ N/mm}^2$ a nižších než $\pm 50 \text{ N/mm}^2$ pro druhy kolejnicových ocelí $\leq 1\,000 \text{ N/mm}^2$, pokud plastická deformace kolejnice v tahu odpovídá trvalému protažení okolo 0,27 %.

Jinak řečeno, zajišťuje zbytkové poměrné protažení kolejnice o velikosti 0,3 % po uvolnění tahových napětí výše uvedené výsledky. Snížení vnitřních zbytkových napětí v kolejnici na malé hodnoty zvyšuje houževnatost kolejnice a její odolnost proti únavě. Když je kolejnice osazena na trati, je vystavena namáháním vyplývajícím z jejího navaření do dlouhých tyčových celků a ze zatížení vyplývajících z provozu. Pokud kombinace těchto napětí nepřesáhne mez odolnosti, nepovedou předem dané začátky eventálních poruch k porušení kolejnice. Z toho vyplývá snaha o to, aby zbytková napětí v kolejnicích byla na co nejnižší úrovni.

Zjistilo se, že zbytková napětí nemohou již být dále podstatněji snižována, jakmile soubor hmoty tvořící kolejnici plně přešel do plastického stavu. Není proto zapotřebí vystavovat kolejnici tahovým zatížením, odpovídajícím hodnotám zbytkového protažení přesahujícím 1,5 %.

Vynález se vztahuje taktéž na rovnané kolejnice, vyznačující se tím, že velikosti zbytkových napětí jsou pro druhy kolejnicové oceli s mezí pevnosti v tahu větší než $1\,000 \text{ N/mm}^2$ nižší než $\pm 100 \text{ N/mm}^2$ a pro druhy ocelí s mezí pevnosti v tahu menší než rovnou $1\,000 \text{ N/mm}^2$ nižší než $\pm 50 \text{ N/mm}^2$.

Vynález je blíže vysvětlen v následujícím popise na příkladech provedení s odvoláním na připojené výkresy, ve kterých značí: obr. 1 příčný řez kolejnicí s označením jednotlivých částí, které ji tvoří, a její neutrální roviny XX' a svislé roviny symetrie YY' , obr. 2a perspektivní pohled na kolejnici, opouštějící chladicí zařízení, obr. 2b boční pohled na tutéž kolejnici, obr. 3 diagram závislosti napětí a deformace oceli, ukazující křivku napětí získaných v závislosti na provedených délkových protaženích, obr. 4 schéma zmenšování zbytkových napětí v různých částech tvořících kolejnici, vyšlou z chladicího zařízení, a to v závislosti na poměrném protažení ϵ , obr. 5 diagram ukazující výsledky empirického srovnání stavu zbytkových napětí odřezáváním stojiny a odpovídající následnou výchylkou hlavy kolejnice, a to pro koncové úseky nerovnaných kolejnic, kolejnic rovnaných válečkovým zařízením a kolejnic rovnaných podle vynálezu, přičemž v horní části obrázku je v rámečku znázorněno schéma odřezku kolejnice s provedeným odříznutím hlavy od stojiny v délce L , které se používá jako zkouška pro ověření, zda jsou v kolejnici vnitřní napětí či nikoliv, obr. 6a a 6b pohled na rovinu zlomu kolejnice UIC ve stavu přirozeně tvrdém B, rovnané pomocí válečků podle známého stavu techniky (obr. 6a) a kolejnice stejného druhu, rovnané podle vynálezu (obr. 6b), přičemž z obr. 6b je patrné, že únavová trhlina před zlomem kolejnice rovnané tahem podle vynálezu je větší, než u kolejnice rovnané válečky, která se vyznačuje výrazně křehčí povahou, obr. 7 diagram znázorňující křivky 11 a 12 šíření trhliny, získané na základě zkoušky prováděné střídavým ohybem na kolejnicích z extra tvrdé legované oceli (UIC přirozeně tvrdá s mezí pevnosti v tahu $< 1\,100 \text{ N/mm}^2 >$). Z diagramu je patrné, že odolnost proti únavě je u kolejnice rovnané tahem (křivka 12) větší, než u kolejnice

rovnané válečky (křivka 11), obr. 8a, 8b, 8c a 8d pohledy na lomové plochy čtyř vzorků kolejnice z extra tvrdé legované oceli (mez pevnosti v tahu větší než $1\,080\text{ N/mm}^2$), rovnané válečky rovnané tahem, nerovnané (přímo z chladicího zařízení) a rovnané válečky a potom tahem. Z porovnání je patrné, že způsob rovnání tahem podle vynálezu odstraňuje jakýkoli vznik křehkých trhlin, obr. 9 diagramy porovnávající výskyt trhlin ve vzorcích z obr. 8a až 8d.

Kolejnice 1 vystupující z chladicího zařízení má tvar prostorové křivky, jak ukazují obr. 2a a 2b. Délky vláken tvořících její hlavu 2, stojinu 3 a patu 4, tedy vláken CC, AA a PP jsou tedy nestejně. Podstatou vynálezu je vystavení kolejnice namáhání v tahu na jejích obou koncích o takové velikosti, že všechna vlákna jsou vystavena napětí σ , převyšujícímu mez pružnosti 0,2, označenou v diagramu na obr. 3 jako Rp 0,2. Vlákna kolejnice tím zaujmou stejnou délku v plně plastické oblasti oceli, ze které je kolejnice vytvořena. Protažení potřebné pro vykonání této operace musí být u nejméně taženého vlákna vyšší, než je protažení odpovídající začátku přechodu oceli do plastické oblasti na deformační křivce. Rovnaná kolejnice se tedy vystaví tahu přesahujícímu mez pružnosti tak, aby se po pominutí tahu dosáhlo trvalého protažení o velikosti nejméně 0,27 %. Toto malé zbytkové protažení dovoluje získat rovné kolejnice, u nichž je materiál poškozen méně, než při rovnání válečky.

Jelikož prohnání kolejnic není u některých výrobků po celé jejich délce vždy proveditelné, je možné zjistit na některých místech lokální zakřivení o poloměrech menších, než je poloměr celkové křivosti. Zbytkové protažení o velikosti několika desetin procenta dovoluje odstranit místní krátké poruchy rovinnosti a tím spíše i delší zakřivení. Přítomnost vnitřních pnutí při chlazení materiálu má za následek vznik nerovností délek vláken uvnitř kolejnice. Rovnaná kolejnice plastickým protažením všech vláken a přednostním plastickým protažením vláken o nejmenší délce vede k uvolnění zbytkových vnitřních pnutí v oceli. Obr. 4 ukazuje příklad průběhu zbytkových podélných napětí v závislosti na velikosti zbytkového trvalého protažení kolejnice běžných vlastností. Na vodorovné ose je na grafu obr. 4 vynášeno zbytkové trvalé protažení ϵ a na svislé ose zbytkové podélné napětí σ , přičemž záporné hodnoty značí tlak a kladné hodnoty tah, a hodnoty jsou měřeny v N/mm^2 . Křivka 5 znázorňuje zbytkové napětí v patě kolejnice a křivka 6 zbytkové napětí v hlavě. Z diagramu lze konstatovat, že hodnoty zbytkových napětí zůstávají konstantní a vysoké, pokud tahová napětí, vyvíjená v kolejnici, leží v pružném oboru oceli, tj. do hodnoty přibližně 0,185 %. Nad pružným oborem naproti tomu velikosti zbytkových napětí rovnoměrně klesají až po dosažení minimálních konstantních hodnot při velikosti trvalého protažení o velikosti 0,27 %.

Z uvedeného je zřejmé, že oblast zbytkového protažení ležící mezi mezí pružnosti 0,2, odpovídající poměrnému protažení $\epsilon = 0,2\%$, a minimálními hodnotami zbytkových napětí ($\sigma = \text{přibl. } 10\text{ N/mm}^2$ při $\epsilon = \text{přibl. } 0,27\%$) je neurčitá a je třeba se jí proto vyhýbat. Stejně tak je zřejmé, že po dosažení minimálních hodnot zbytkového napětí, tj. $\epsilon = 0,27\%$ nebo 0,3 %, nepřináší zvýšení zbytkového protažení již žádnou podstatnou změnu z tohoto hlediska, pokud se nezvýší hodnota meze pružnosti zpevněním materiálu mechanickým zpracováním za studena. Zvýšení meze pružnosti je možno podle libosti provádět například u přírodně tvrdého druhu A oceli UIC nebo u druhu AREA, přičemž zvýšení činí přibližně 100 N/mm^2 na 1 % zvýšení zbytkového protažení.

Jinými slovy lze říci, že zbytkové protažení o velikosti 0,3 % stačí v tomto případě pro odstranění zbytkových napětí v materiálu nebo jejich snížení v poměru řádově 10:1. Měření získaná metodou výřezu a potvrzená metodami jádrového vývrtu, jimiž byly zjištěny hodnoty zbytkových napětí v kolejnicích označených 0,73 D 09, 236 D 23 a 150 C 13, vystavených rovnání tahem podle vynálezu, a odpovídající hodnoty v kolejnicích označených 073 B 10, 236 D 23 a 150 C 13, vyrobených v bezprostřední návaznosti, vyšlých ze stejné tavby a chlazených ve stejném chladicím zařízení v bezprostředním sousedství předchozích, přičemž však byly rovnány válečkovými zařízeními podle známého stavu techniky, jsou sestaveny v tabulkách I až III v příloze. Tyto tabulky poskytují srovnání výsledků podle vynálezu a podle známého stavu techniky.

Z obsahu tabulek vyplývá, že při zbytkovém protažení 0,3 až 1 % je velikost zbytkových napětí nejméně 5 až 10krát menší při rovnání způsobem podle vynálezu, než při rovnání pomocí válečků, a že při rovnání tahem je rozptýl zbytkových napětí 5krát menší, než je tomu při rovnání pomocí válečků.

Tyto experimentální výsledky bylo možno ověřit měřeními napětí podle různých metod, používanými různými měřicími laboratořemi, jako SACILOR a IRSID.

Uvolnění vnitřních zbytkových napětí je takové, že v laboratořích nejsou spatřovány významnější rozdíly mezi velikostí napětí v kolejnicích rovnaných tahem a velikostí napětí v referenčních materiálech sloužících pro cejchování tenzometrických měřidel. Při rovnání pomocí válečků se naproti tomu zjišťují poměrně vysoká tlaková napětí ve stojině a v zaobleních, a to jak v podélném, tak i svislém směru, přičemž tato napětí jsou vyvažována, zejména v podélném směru, značnými tahovými napětími v hlavě a patě kolejnice. Při použití způsobu rovnání tahem jsou zbytková napětí výrazně nižší a mnohem stejnoměrnější. Je třeba poznamenat, že hodnoty napětí naměřené metodou výřezů, jinak nazývanou metodou podle Yasojiimy a Machiiho z r. 1965, použitou mimo jiné pracovištěm Office de Recherche et d'Essais de l'UIC ve studii C 53 "Contraintes résiduelles dans les rails", jsou v uspokojivé míře potvrzovány metodami jadrových vývrtů. Empirické ověření uvolnění vnitřních napětí v důsledku rovnání tahem bylo provedeno pomocí zkoušky spočívající v oddělení hlavy kolejnice od zbytku profilu, a v měření odchylky f na konci vůči předku žezné spáry ve vzdálenosti L , jak je patrné v orámovaném schématu v horní části obr. 5. Výsledky této zkoušky, aplikované na kolejnici UIC 60 NBD, jsou vyznačeny na diagramu v obr. 5, na jehož vodorovné ose je vynesena délka L žezné spáry v milimetrech, a svislé ose je vynesena odchylka f odříznuté hlavy v milimetrech vůči zbytku kolejnice před řezem.

Křivka 7 ukazuje, že kolejnice UIC 60 NBD, rovnaná válečky, vykazuje na délku L řezu 500 mm odchylku f hlavy o velikosti 2 mm, zatímco křivka 8 vykazuje výchylku f , která se pro tutéž kolejnici, avšak nerovnanou, pohybuje v rozmezí od 0 do 0,8 mm. Křivky 9 a 10 se vztahují na kolejnice rovnané tahem na 0,3 až 1 % zbytkové protažení a vykazují výchylku f 0,2 a 0,1 mm na délku L řezu 500 mm. Z toho je zřejmý poměr hodnot f přibližně 1:10 ve prospěch způsobu podle vynálezu. Minimální zbytkové protažení o velikosti přibližně 0,3 % se jeví jako potřebné pro dosažení toho, aby se docílilo maximálního uvolnění vnitřních pnutí, přičemž se zdá, že zbytkové protažení přesahující hodnotu 1,5 % již nepřináší další výhody.

Skutečnost, že se kolejnice protahuje nad mez průtažnosti σ 0,2 by mohla vést k obavám, že dojde k poškození materiálu, schopným vyvolat rychlejší šíření eventuálních příčných únavových trhlin. Zkouška na únavu ohybu ve čtyřech bodech však ukazuje, že tomu tak není. Tato zkouška spočívá v tom, že se odřezek kolejnice, předem opatřený vrubem v hlavě, vystaví střídanému ohybu na základě 1,400 m při frekvenci 10 Hertzů a při zatížení přibližně 14 t v době začátku tvorby trhlin a 9 t v době šíření trhlin, přičemž zatížení je vyvíjeno na hlavu ve dvou bodech vzdálených symetricky 150 mm na obě strany od středového příčného vrubu.

Pozoruje se šíření únavové trhliny od vrubu, a to pomocí tenzometru a pomocí elektrické metody založené na výchylkách odporu v kolejnici během postupu trhliny. Výchylkami amplitudy vyvolávaných napětí se zajišťuje řada značkování při daných kumulovaných počtech cyklů, a vynáší se křivka udávající hloubku p trhliny v závislosti na počtu N uskutečněných cyklů.

Tato zkouška se aplikovala v prvním příkladě na dva odřezky kolejnice UIC 60 přirozeně tvrdého druhu B, získaných ze stejného ingotu, přičemž jedna kolejnice byla rovnána válečky a druhá tahem. Obr. 6a ukazuje, že kolejnice rovnaná válečky vykazuje dosti úzkou oblast únavových trhlin, posetou křehkými úskoky, zatímco z obr. 6b, poskytující obraz kolejnice rovnané tahem, je patrné, že v hlavě kolejnice je značně rozvinutější oblast únavových trhlin, avšak bez křehkých úskoků. Tabulka IV z přílohy ukazuje, že počet cyklů potřebný

k začátku vzniku trhlin, a počet cyklů potřebný pro jejich šíření, je při stejných podmínkách zkoušek značně vyšší v případě kolejnic rovnaných tahem, což potvrzuje jejich lepší houževnatost, a tedy zvýšenou bezpečnost.

Křivky 11 a 12 a na obr. 7 ukazují stejné vztahy $p = f(n)$, uvedené v tabulce IV.

Zajišťuje se, že poměr hodnot: $\frac{\text{únavová plocha (rovnání tahem)}}{\text{únavová plocha (rovnání válečky)}}$ je roven 1,55.

Výše uvedená zkouška byla aplikována ve druhém příkladě na čtyři odřezky kolejnic 136 RE druhu oceli legované chromem, křemíkem a vanadem s mezí pevnosti $\geq 1\,080\text{ N/mm}^2$, získaných ze stejného ingotu, přičemž bylo možné srovnávat chování na únavu materiálu při stavu rovnaném válečky, stavu rovnaném tahem, stavu nerovnaném (přímo vyšlý výrobek z chladicího zařízení) a stavu rovnaném válečky a následně rovnaném tahem.

Obr. 8a ukazuje polokřehký vzhled lomové plochy kolejnice rovnané válečky, na němž není patrná únavová plocha. Z obr. 8b je naopak patrná rozsáhlá únavová plocha kolejnice rovnané tahem. Obr. 8c ukazuje únavovou plochu nerovnané kolejnice, která je o něco málo menší v předchozím případě. Obr. 8d konečně ukazuje, že rovnání tahem, provedené po předchozím rovnání válečky, umožňuje znovu získat uspořádaný vzhled únavové plochy.

Tab. V v příloze ukazuje velmi výrazné zlepšení, získané rovnáním tahem ve srovnání s rovnáním válečky, a to jak v počtu cyklů při začátku tvorby trhlin, tak i při jejich šíření.

Křivky 13 až 16 na obr. 9 ukazují stejné vztahy $p = f(n)$, uvedené v tab. V v příloze, a to pro kolejnice z oceli 136 RE a rovnané válečky (křivka 13), nerovnané (křivka 14), rovnané tahem (křivka 15), a rovnané válečky a potom tahem (křivka 16). Z tab. V a z křivek 13 až 16 na obr. 9 je velmi zřejmé, že se odolnost kolejnice proti šíření trhlin ještě více zlepšila, nechá-li se kolejnice rovnaná válečky rovnat tahem se zbytkovým protažením podle vynálezu za účelem uvolnění zbytkových napětí.

Zlepšení chování materiálu z hlediska rychlosti šíření trhlin při rovnání tahem podle vynálezu je třeba spojovat se zmenšením velikostí zbytkových napětí a zejména s téměř úplným vymizením příležitostných zbytkových napětí v tahu v hlavě kolejnice, k nimž dochází při rovnání válečky. Toto zmenšení zbytkových napětí, získané rovnáním tahem podle vynálezu, dovoluje uspokojit požadavky četných železničních drah, zejména těch, které jsou vystaveny velkým zatížením, jako jsou důlní dráhy, neboť zbytková napětí jsou odpovědná za vznik nebezpečných lomů vznikajících na tratích. Rovnání tahem podle vynálezu zlepšuje podstatně odolnost kolejnic na únavu ve srovnání s těmi, které jsou rovnány válečky.

Rovnání tahem se vyznačuje kromě toho tou výhodou, že zvyšuje mez pružnosti kovu, a to v protikladu ke způsobu rovnání pomocí váleček, který má sklon mez pružnosti snižovat. Tato výhoda se obzvláště ocení v hlavě kolejnice, neboť vyšší mez pružnosti dovolí lépe odolávat plastickému toku, který mohou vyvolat silně zatížená kola na pojezdové ploše kolejnice. Toto zvýšení meze pružnosti činí u druhů oceli typu UIC 90A nebo B, AREA apod. přibližně 100 N/mm^2 na 1 % protažení. Tuto vlastnost lze pozorovat u všech ocelí, včetně extratvrdých legovaných nebo zušlechťených ocelí. Odstup velikosti meze pružnosti dosahované při rovnání pomocí váleček a rovnání tahem podle vynálezu může běžně činit 20 %.

Bylo konstatováno, že toto zvýšení meze pružnosti se děje bez zhoršení kritérií plasticity a houževnatosti.

Měření zbytkového protažení na určitém počtu délkových základů vyznačených po délce kolejnice ukazují, že částečná zbytková protažení, měřená na každé ze základů, jsou konstantní a všechna rovná celkovému zbytkovému protažení udělenému kolejnici. Nezjišťují se žádné

projevy lokalizovaného zúžení na délce kolejnice. Ztráta výšky je pravidelná na celé délce kolejnic, stejně jako i ztráta šířky paty. Malé výchyly sledovaných rozměrů jsou jako v případě rovnání válečky předem kompenzovány vhodnou kalibrací válcovací stolice, což dovoluje respektovat rozměrové tolerance stavebních předpisů přinejmenším stejně snadno, jako při rovnání pomocí válečků. U tohoto posledního způsobu však přesto dochází k rozměrovým nepravidelnostem, neboť konce si zachovávají původní rozměry z válcování.

Vynález přináší vytvoření kolejnic, které po rovnání vykazují velmi malá zbytková napětí. Tato napětí jsou nižší než $\pm 50 \text{ N/mm}^2$ (+ 50 N/mm^2 v tahu a - 50 N/mm^2 v tlaku) pro druhy kolejnicových ocelí (tepelně zpracovaných nebo ne) s mezí pevnosti v tahu $\leq 1\,000 \text{ N/mm}^2$. Pro druhy kolejnicových ocelí (tepelně zpracovaných nebo ne) s mezí pevnosti v tahu $> 1\,000 \text{ N/mm}^2$ jsou tato zbytková napětí nižší než $\pm 100 \text{ N/mm}^2$ (+ 100 N/mm^2 v tahu, - 100 N/mm^2 v tlaku).

T a b u l k a I

Rovnění válečky kolejnice 073 B 10		Rovnění tahem na zbytkových 0, - % kolejnice 073 D 09			
$\sigma_{\max}$ N/mm ²	v tlaku $\sigma_{\max}$ N/mm ²	$\sigma_{\max}$ N/mm ²	v tahu $\sigma_{\max}$ N/mm ²	Celkové roz- pětí hodnot napětí	$\sigma_{\max}$ N/mm ²
	-260		+230	490	+40
hlavní napětí σ_1 v podélném směru					
	-200		+50	250	+30
hlavní napětí σ_2 ve svislém směru					
					30

T a b u l k a II

Rovnění válečky kolejnice 236 D 23		Rovnění protahováním na 3 % kolejnice 236 D 23		Rovnění protahováním na 2,5 % kolejnice 236 D 23	
$\sigma_{\max}$ N/mm ²	v tlaku $\sigma_{\max}$ N/mm ²	$\sigma_{\max}$ N/mm ²	v tahu $\sigma_{\max}$ N/mm ²	$\sigma_{\max}$ N/mm ²	$\sigma_{\max}$ N/mm ²
	-140		+240	380	-20
hlavní napětí σ_1 v podélném směru					
	-150		+30	180	-40
hlavní napětí σ_2 ve svislém směru					
					30

T a b u l k a III

Rovnění válečky kolejnice 150 C 13		Rovnění tahem na zbytkové 1 % kolejnice 150 C 13			
$\sigma_{\max}$ N/mm ²	v tlaku $\sigma_{\max}$ N/mm ²	$\sigma_{\max}$ N/mm ²	v tahu $\sigma_{\max}$ N/mm ²	Celkové rozpětí hodnot napětí	$\sigma_{\max}$ N/mm ²
	-143		+282	425	-21
hlavní napětí σ_1 v podélném směru					
	-89		+26	115	-27
hlavní napětí σ_2 ve svislém směru					
					35

	Rovnění válečky	Rovnění tahem	Rozdíl v %
počet cyklů pro začátek	350 000	500 000	142
počet cyklů pro šíření až po volný lom	750 000	1 050 000	140
kritická hloubka trhliny v mm	25	28	112

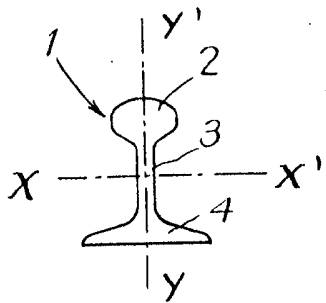
T a b u l k a V

	Rovnění válečky	Nerovnané	Rovnané tahem	Rovnané válečky a pak tahem
počet cyklů na začátku	400 000	420 000	850 000	1 150 000
počet cyklů při šíření až po volný lom	950 000	1 500 000	1 250 000	1 400 000
kritická hloubka trhliny v mm (polokřehký stav)	26	27	26	28

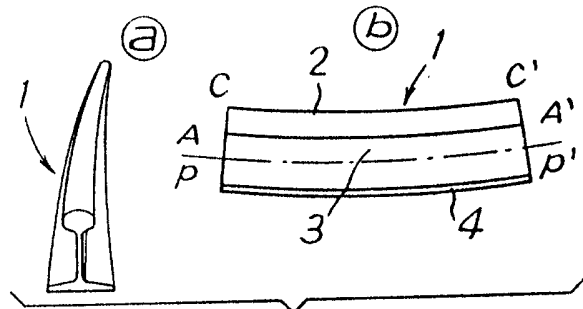
P Ř E D M Ě T V Y N Ā L E Z U

1. Způsob rovnání železniční kolejnice, vyznačený tím, že se kolejnice z oceli vystaví tahovému napětí přesahujícímu mez pružnosti oceli až po hodnotu napětí odpovídající celkové plastické deformaci kolejnice.
2. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že se kolejnice vystaví tahovému napětí, které po uvolnění vyvolá zbytkové protažení o velikosti nejméně rovné 0,3 %.
3. Způsob podle bodu 1 nebo 2, vyznačený tím, že se kolejnice vystaví tahovému napětí, které po uvolnění vyvolá zbytkové protažení nanejvýše rovné 1,5 %.
4. Způsob podle bodů 1 až 3, vyznačený tím, že se kolejnice vystaví tahovému napětí, které po uvolnění vyvolá zbytkové protažení od 0,5 do 0,7 %.
5. Způsob podle bodů 1 až 4, vyznačený tím, že se ocelová kolejnice před jejím vystavením tahovému napětí, vyvolávajícímu zbytkové protažení vyšší než 0,3 %, podrobí předchozímu rovnání válečky.

6 výkresů

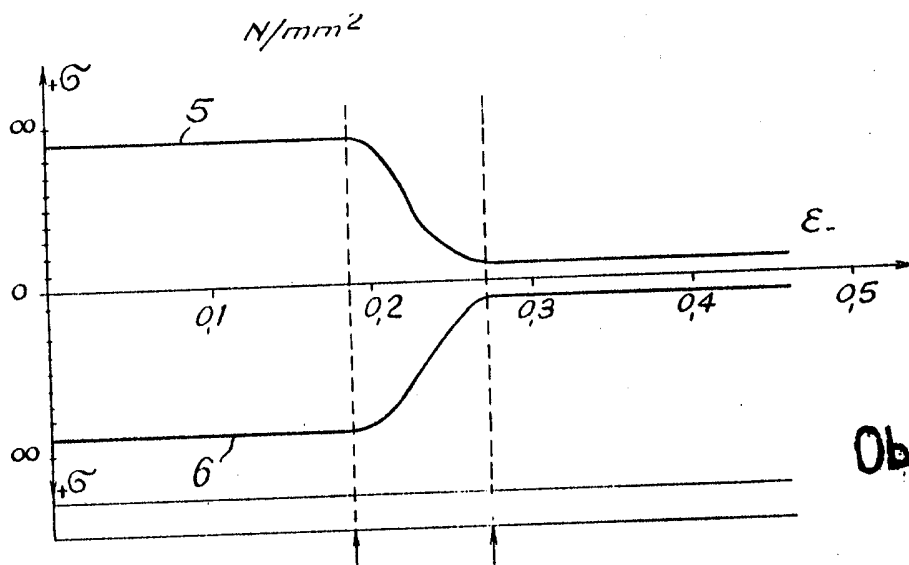
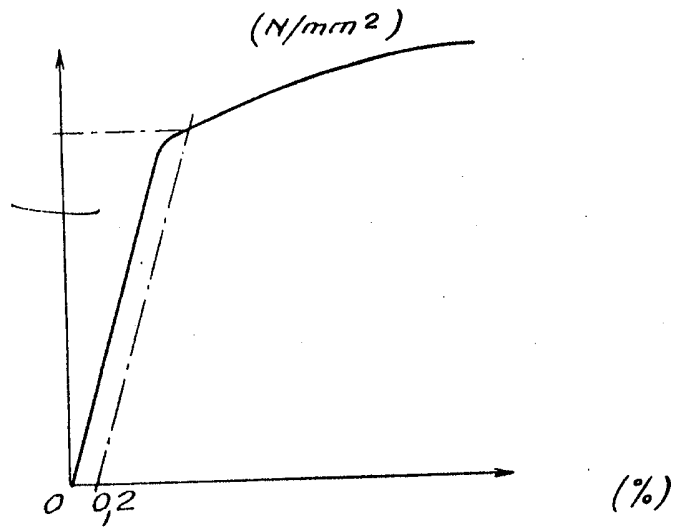


Obr. 1



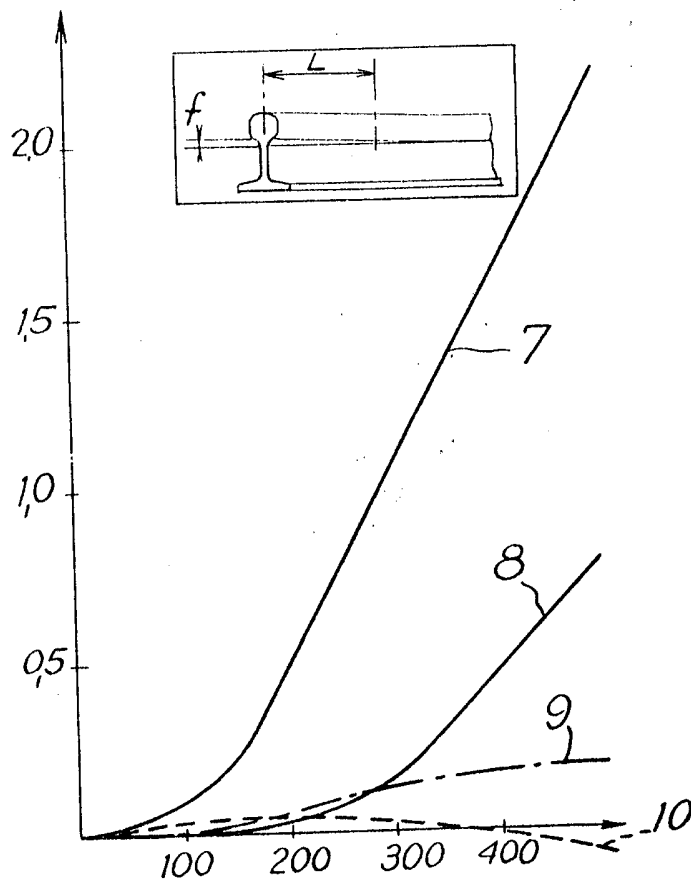
Obr. 2

Obr. 3



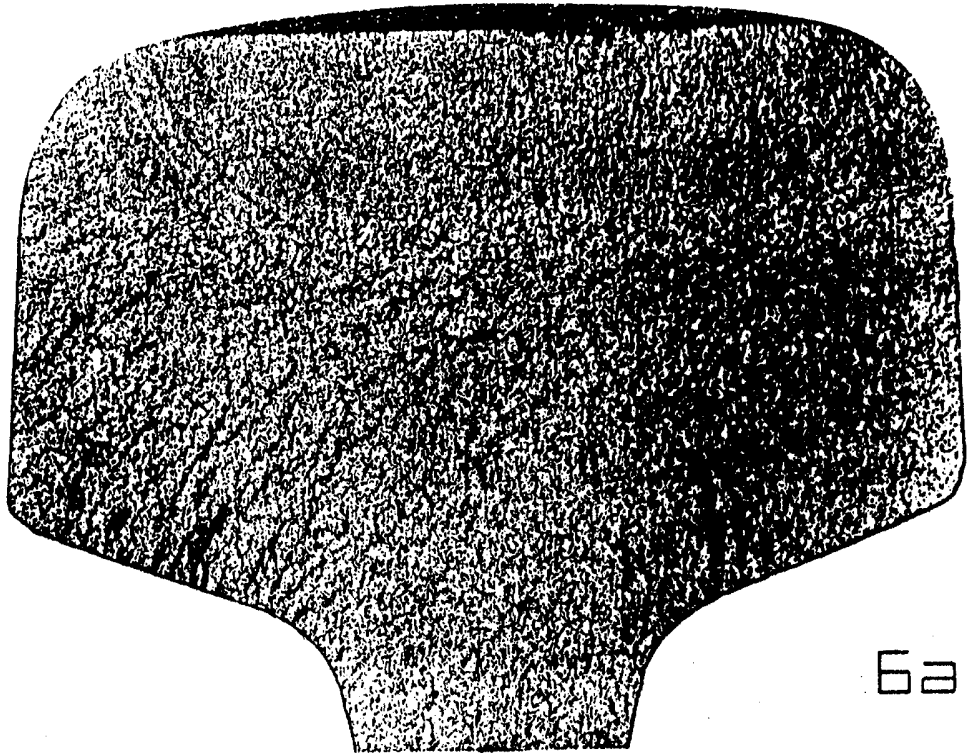
Obr. 4

266315

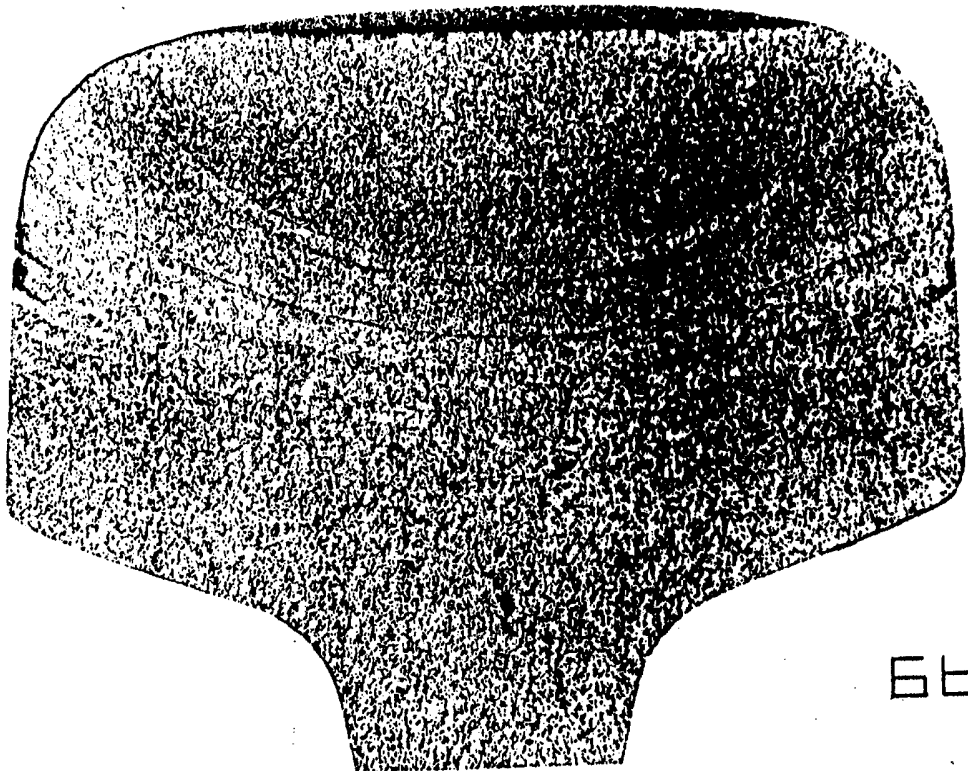


Obr. 5

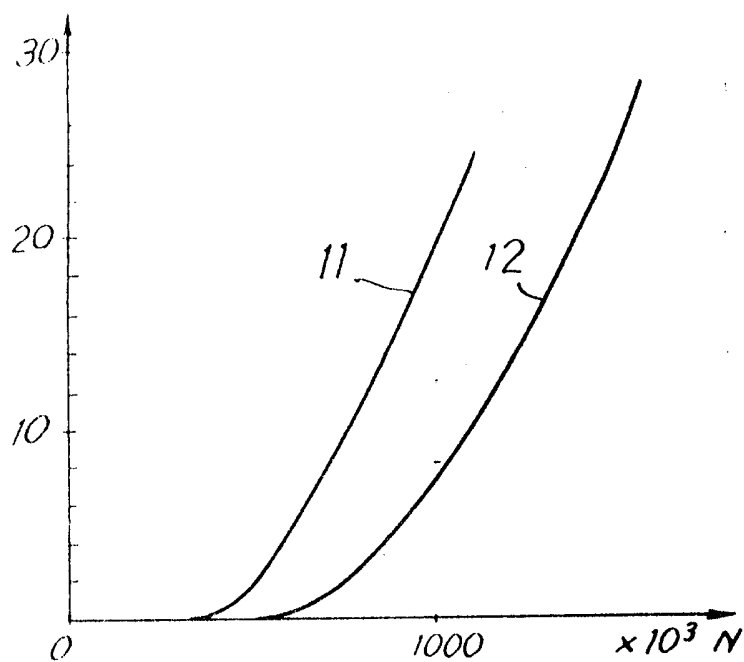
266315



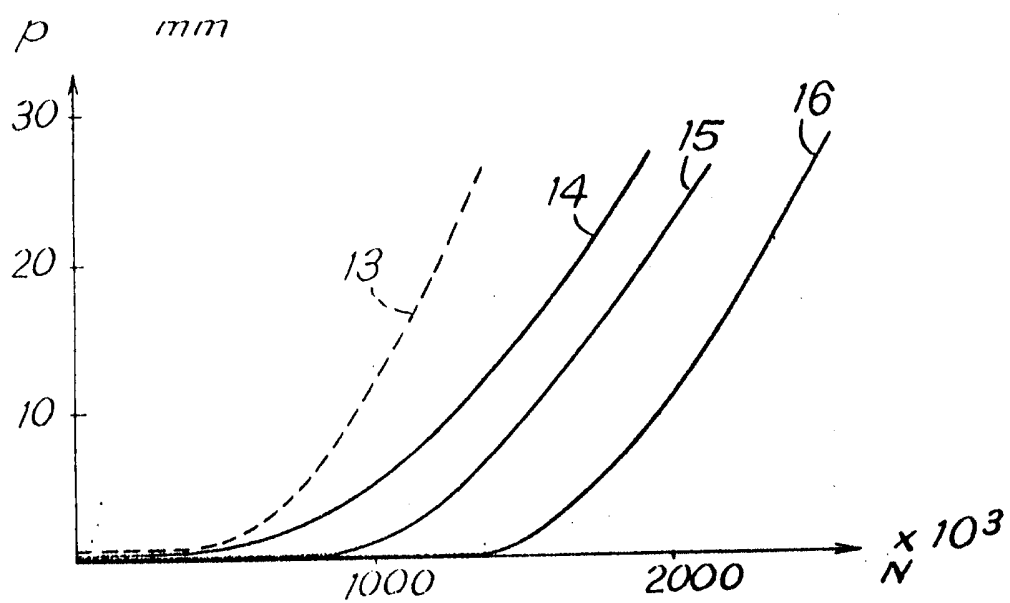
6a



6b

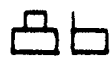
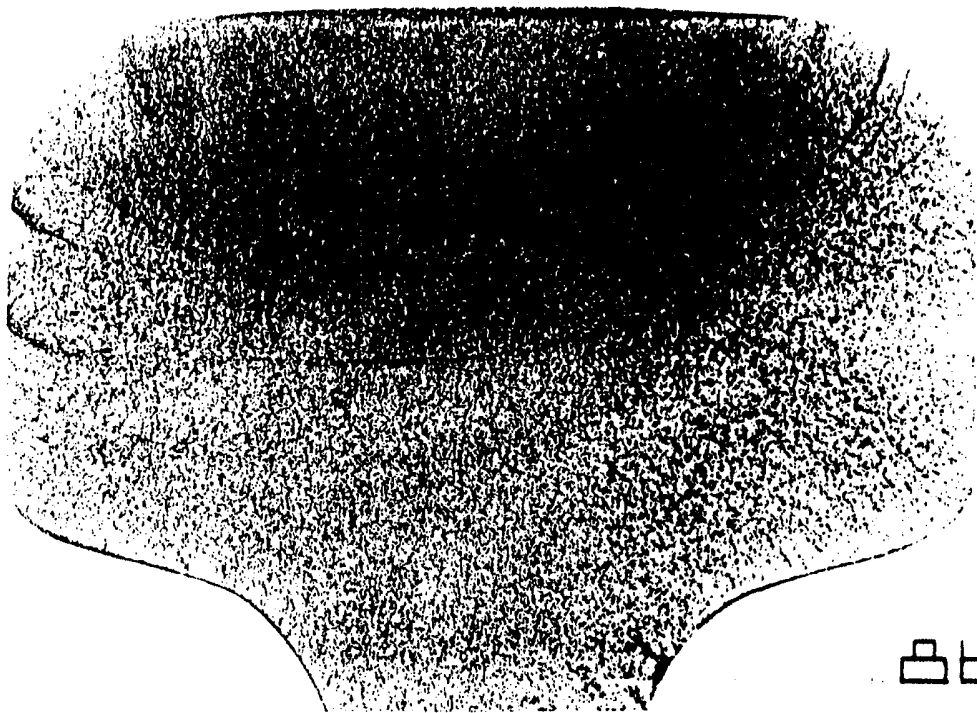
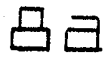
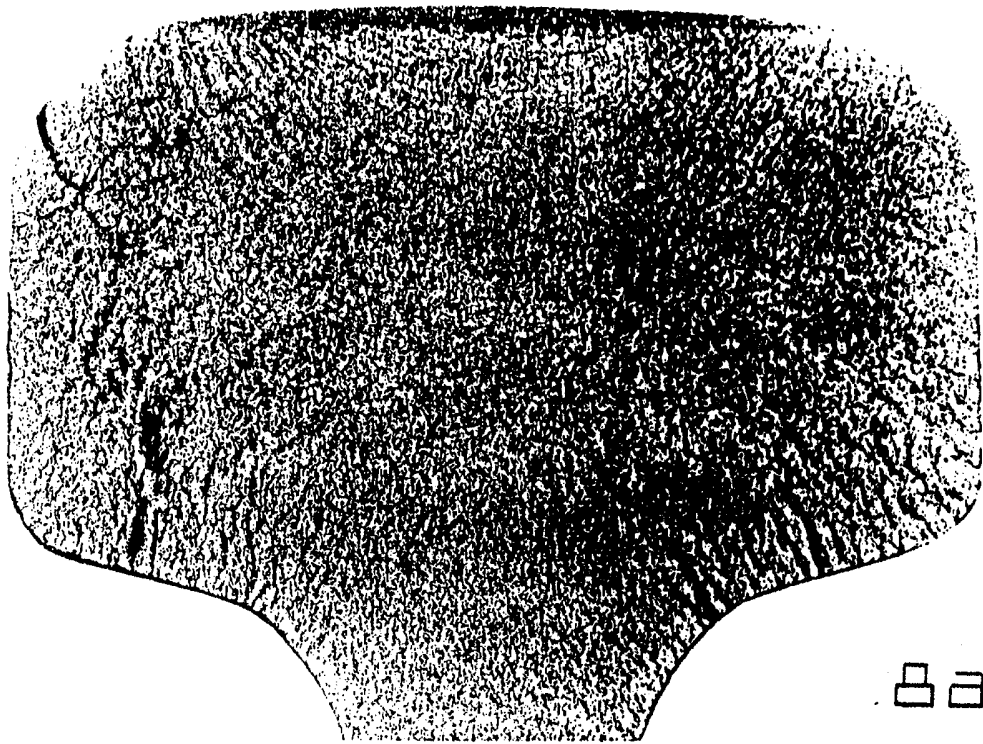


Обр. 7

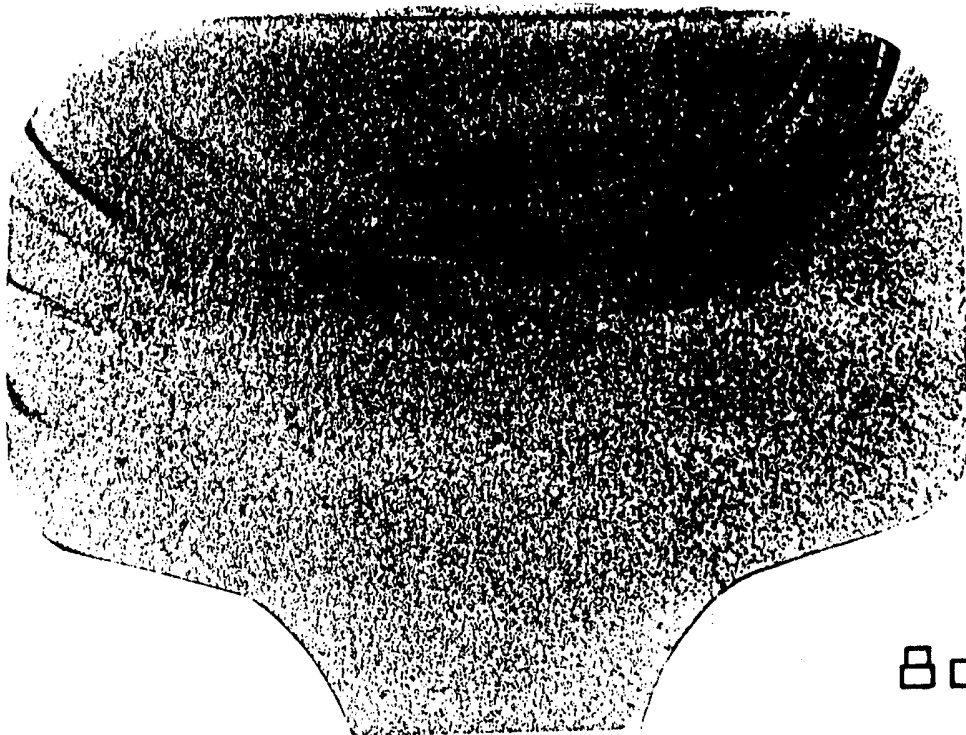


Обр. 9

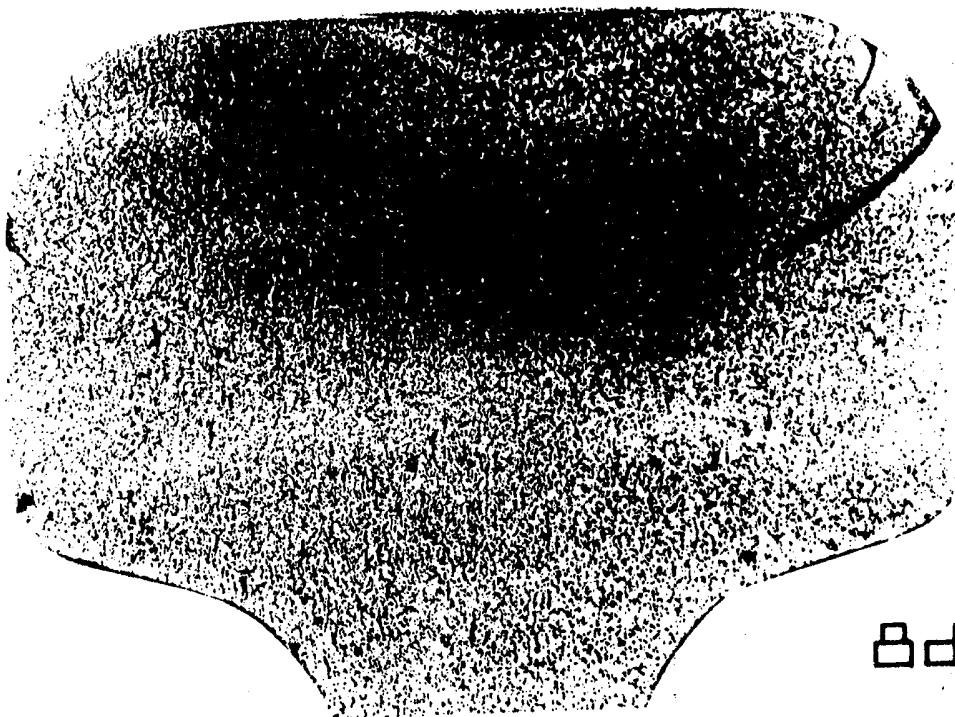
266315



266315



8c



8d