



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

260 837

(11)

(B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 28 12 86
(21) PV 10035-86.B

(51) Int. Cl.⁴

G 21 D 1/09

(40) Zveřejněno 15 06 88
(45) Vydáno 1.11.1989

(75)
Autor vynálezu

HALÁSEK JIŘÍ ing. CSc., HONZÍK OLDŘICH ing. CSc., PRAHA,
JÓDL JIŘÍ ing., MLADÁ BOLESLAV, MORAVEC MILAN ing. CSc.,
NOVÁKOVÁ IVANKA ing., STOLAR PAVEL ing. CSc., PRAHA,
VACEK JAROSLAV, MLADÁ BOLESLAV

(54)

Způsob tepelného zpracování povrchů tenkostěnných tvarovaných
trubkovitých strojních nebo konstrukčních součástí

Způsob transformačního zpevňování povrchů strojních nebo konstrukčních součástí zhotovených z litiny nebo kalitelných ocelí s místním, nejvýše 90 % zeslabením tloušťky stěn. Vnější nebo vnitřní povrch zpracovávané součásti se nejprve ohřívá laserovým nebo elektronovým paprskem do teplotní oblasti vzniku austenitu ve zpracovávaném materiálu a to do tloušťky nejvýše 80 % nejtenčí zpracovávané stěny. Austenitická oblast se poté ochladí rychlostí přesahující kritickou rychlost, tedy v závislosti na použitém materiálu, rychlostí vyšší než od $4 \cdot 10^3 \text{ K.s}^{-1}$ do $1 \cdot 10^{-1} \text{ K.s}^{-1}$. Ochlazování austenitizované oblasti se provádí buď odvodem tepla do jádra nebo stěn součásti, popřípadě chladicím médiem, například proudem vzduchu nebo inertního plynu, například dusíku nebo argonu, nebo kapalného chladicího média, například vody, vodní emulze apod. Laserový nebo elektronový paprsek se při ohřevu součásti s výhodou vede po 10 až 100 % plochy zpracovávaného povrchu. Laserový nebo elektronový paprsek se vede v definovaných samostatných nebo vzájemně se protínajících drahách, například ve tvaru kroužků, šroubovic nebo axiálních rovnoběžných stop.

Vynález se týká způsobu tepelného zpracování povrchů tenkostěnných tvarovaných trubkovitých strojních nebo konstrukčních součástí s místním, nejvýše 90% zeslabením tloušťky stěn zhotovených z litiny nebo kalitelné oceli.

V současné době jsou trubkovité součásti v mnoha případech povrchově zušlechťovány za účelem zvýšení jejich odolnosti proti opotřebení. Zvýšení odolnosti součástí z ocelí a litin se dosahuje zakalením jejich povrchu. Transformační vytvrzování tenkostěnných trubek, které jsou na vnitřní nebo vnější straně opatřeny drážkou, popřípadě několika drážkami ztenčujícími místně tloušťku stěny, je spojeno se značnými technologickými obtížemi. Dosavadní způsoby povrchového ohřevu, např. vysekefrekvenčním nebo středofrekvenčním proudem, indukční metodou nebo ohřevy plamenem, nejsou ve většině případů užití vhodné, protože rychlost ohřevu je relativně nízká a v důsledku intenzivního vedení tepla materiálem dochází k prohřevu celé součásti nebo i celého průřezu součásti, a to zejména v místech, kde je tloušťka její stěny ztenčena. Důsledkem toho je jednak nežádoucí prokalení celého průřezu součásti nebo vytvoření konstrukčně nepřijatelné tloušťky transformované oblasti. Tím dochází k výraznému snížení houževnatosti celé součásti, popřípadě jejích částí. Tato skutečnost může vést rovněž k výrazným tvarovým deformacím nebo i k porušení součásti.

Uvedené nevýhody do značné míry odstraňuje způsob tepelného zpracování povrchů tenkostěnných tvarovaných trubkovitých strojních nebo konstrukčních součástí s místním, nejvýše 90% zeslabením tloušťky stěn podle vynálezu, které jsou zhotoveny z litiny nebo kalitelné oceli. Podstata vynálezu spočívá v tom, že se vnější nebo vnitřní povrch zpracovávané součásti ohřívá laserovým nebo elektronovým paprskem do teplotní oblasti vzniku austenitu ve zpracovávaném materiálu součásti, a to do tloušťky nejvýše 80 % nejtenčí zpracovávané stěny. Potom se austenitická oblast

ochladí rychlostí přesahující kritickou rychlost, tedy v závislosti na použitém materiálu, rychlostí vyšší než od $4 \cdot 10^3 \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ do $1 \cdot 10^{-1} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$. Ochlazování austenitizované oblasti se s výhodou provádí buď odvodem tepla do jádra nebo stěn součásti, nebo chladicím médiem, např. proudem vzduchu nebo inertního plynu, např. dusíku nebo argonu nebo kapalného chladicího média, např. vody, vodní emulze apod. Podle dalšího významu se laserový nebo elektronový paprsek vede při ohřívání součásti po 10 až 100% plochy zpracovávaného povrchu. Podle posledního významu vynálezu se laserový nebo elektronový paprsek vede v definovaných samostatných nebo vzájemně se protínajících drahách, například ve tvaru kroužků, šroubovice nebo axiálních rovnoběžných stop.

Výhody způsobu podle vynálezu se projevují zejména ve zvýšené kvalitě zpracovávané součásti. S ohledem na vysokou rychlost ohřevu součásti intenzivním laserovým paprskem nebo elektronovým svazkem je austenitizovaná vrstva materiálu ve srovnání s klasickými metodami povrchového ohřevu, např. plamenem nebo indukčním ohřevem, relativně tenká. Nedochozí tak k nežádoucímu prokalení, případně k zakalení do přílišné hloubky, které by snižovalo dynamické vlastnosti součásti v místě konstrukčního ztenčení. Způsob ohřevu strojních součástí laserem je přesně definovaný, časově i prostorově vymezený a umožňuje zakalit součást pouze v přesně definovaných oblastech. S ohledem na vysokou rychlost ohřevu je austenitizovaná vrstva materiálu relativně tenká, takže po následném ochlazení vzniká pouze tenká transformovaná vrstva s vyšší odolností proti opotřebení, než má základní materiál. Výhodou způsobu podle vynálezu je také skutečnost, že je možno tloušťku vrstvy vytvořené transformačním zplněním na jedné součásti řídit nebo řízeně měnit, a to v závislosti na celkové tloušťce stěny pod zpracovávanou vrstvou. Technologický postup podle vynálezu je plně automatizovatelný. Zpracované součásti se v

důsledku relativně malého objemu transformačně zpevněného materiálu vyznačují po transformačním zpevnění nízkými deformacemi.

Způsob tepelného zpracování podle vynálezu je objasněn v příkladech 1 až 5.

Příklad 1

Transformační zpevnění vnějšího povrchu náboje řemenice spalovacího motoru, zhotovené ze šedé litiny se provádí za účelem zvýšení povrchové tvrdosti a odolnosti vnějšího povrchu náboje proti opotřebení. Stěna náboje je zeslabena drážkou pro pero, takže stěna má v úseku zeslabení tloušťku 3,5 mm. Vnější povrch řemenice se ve funkční oblasti ohřívá fokusevaným laserovým paprskem o výkonu 2 KW. Paprsek je fokusován zrcadlem a je rastrováním zrcadla rozveden na plochu 4 x 6 mm. Teplota povrchu náboje řemenice dosáhne laserovým ohřevem hodnoty 910°C , která leží v austenitické oblasti pro tento materiál. Hloubka vrstvy prohráté nad austenitizační teplotu činí 0,3 mm, tj. 8,6 % nejtenčího místa stěny náboje řemenice. Ohřátý materiál se potom chladí odvodem tepla do jádra za současného přichlazování povrchu náboje proudem dusíku. Rychlost ochlazování je v jeho počátku $6 \cdot 10^3 \text{ K.s}^{-1}$. Fokusevaný a rastrovaný paprsek je veden po povrchu náboje stopami ve tvaru kroužků, překrývajících se svými okraji o 1 mm a na svých koncích oblastí o středovém úhlu 7° . Zpracovávaná funkční plocha má tvar kroužků a tvoří 50 % celkové plochy náboje řemenice.

Příklad 2

Transformační zpevnění vnějšího povrchu hřídele s vnitřními drážkami, vyrobeného z uhlíkové oceli s 0,5 % C. Způsob tepelného zpracování spočívá ve vedení laserového svazku o

výkonu 1 KW fokusevaného čočkou na plošku o průměru 2 mm ve šroubovicovitých, vzájemně se protínajících drahách se sklonem 30 % tak, aby struktura v místech dopadu paprsku byla austenitizována, tj. povrchová teplota činí 850°C . Hloubka transformované oblasti je 0,5 mm, tj. 20 % tenčí tloušťky stěny. Zakalení proběhne rychlostí nad $2 \cdot 10^3 \text{ K.s}^{-1}$ odvodem tepla do stěn hřídele. Celkový plošný podíl transformované oblasti na povrchu hřídele je 73 %.

Příklad 3

Transformační zpevnění dutého hřídele zhotoveného z chrommanganové oceli a opatřeného vnějšími drážkami. Tloušťka transformované oblasti dosahuje 2 mm, tj. 50 % stěny v oblasti drážek. Tepelné zpracování probíhá tak, že se vnitřní povrch ve funkční oblasti ohřívá laserovým paprskem o výkonu 1,5 KW fokusevaným zrcadlem na plošku $2 \times 8 \text{ mm}$ do oblasti vzniku austeniku, tj. na teplotu 900°C , a potom se odvodem tepla rychlostí vyšší než $2 \cdot 10^3 \text{ K.s}^{-1}$ do materiálu zakalí za současného dochlazování povrchu argonem. Dráhy laserového paprsku mají tvar neprotínajících se šroubovic, kterých je na povrchu hřídele umístěno 10.

Příklad 4

Transformační zpevnění vnitřního a vnějšího povrchu dutého hřídele, zhotoveného z chromniklové oceli o složení 0,8 % chromu, 3,5 % niklu a 0,35 % uhlíku s vnějšími i vnitřními drážkami ve funkčních oblastech. Laserovým paprskem o výkonu 1,2 KW fokusevaným zrcadlem do plošky $3 \times 5 \text{ mm}$ jsou funkční místa austenitizována na teplotu 930° až 970°C , potom proběhne zakalení obvodem tepla do objemu materiálu součástí. Rychlost ochlazování na povrchu je $2 \cdot 10^3 \text{ K.s}^{-1}$. Tloušťka austenitizované a následně transformované oblasti dosahuje 10 % tloušťky nejtenčí stěny. Vnitřní povrch hřídele je kalen po

celé ploše. Jednotlivé stopy jsou rovnoběžné s osou hřídele a překrývají se o 1 mm své šířky. Vnější povrch je kalen rovněž 100 % se stejným způsobem kladení stop.

Příklad 5

Transformační zpevnění vnějšího povrchu náboje řemenice spalovacího motoru, vyrobené ze šedé litiny. Transformační zpevnění se provede za účelem zvýšení povrchové tvrdosti a odolnosti náboje proti opotřebení ve funkční oblasti. Stěna náboje je zeslabena drážkou pro pero. Vnější povrch řemenice je ve funkční oblasti zahříván elektronovým paprskem o výkonu 5 KW, který je promítán na plochu 2×10 mm. Teplota povrchu řemenice dosáhne tímto ohřevem hodnoty 910°C a hloubka oblasti materiálu přesahující austenitizační teploty je 0,7 mm, tj. 20 % nejtenčího místa stěny náboje řemenice. Ohřátý materiál je ochlazen odvedem tepla do jádra materiálu rychlostí $1 \cdot 10^4 \text{ K.s}^{-1}$ na počátku ochlazení. Elektronový povrch se vede po povrchu řemenice ve stopě tvaru kroužku. Překryv začátku a konce stopy činí 3 mm.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

260 837

1. Způsob tepelného zpracování povrchů tenkostěnných tvarovaných trubkovitých strojních nebo konstrukčních součástí s místním, nejvýše 90% zeslabením tloušťky stěn zhotovených z litiny nebo kalitelné oceli, vyznačený tím, že se vnější nebo vnitřní povrch zpracované součásti ohřívá laserovým nebo elektronovým paprskem do teplotní oblasti vzniku austenitu ve zpracovávaném materiálu součástí, a to do tloušťky nejvýše 80 % nejtenčí zpracovávané stěny, potom se austenitická oblast ochladí rychlostí přesahující kritickou rychlost, tedy v závislosti na použitém materiálu rychlostí vyšší než od $4 \cdot 10^3 \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ do $1 \cdot 10^{-1} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$.
2. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že ochlazování austenitizované oblasti se provádí odvodem tepla do jádra nebo stěny součásti.
3. Způsob podle bodu 1 a 2, vyznačený tím, že ochlazování se provádí chladicím médiem, např. proudem vzduchu nebo inertního plynu, např. dusíku nebo argonu nebo kapalného chladicího média, např. vody, vodní emulze apod.
4. Způsob podle bodů 1 až 3, vyznačený tím, že laserový nebo elektronový paprsek se vede po 10 až 100 % plochy zpracovávaného povrchu.
5. Způsob podle bodů 1 až 4, vyznačený tím, že laserový nebo elektronový paprsek se vede v definovaných samostatných nebo vzájemně se protínajících drahách, např. ve tvaru kroužků, šroubovic nebo axiálních rovnoběžných stop.