

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 31.10.78
(21) (PV 7089-78)

(40) Zveřejněno 31.10.79
(45) Vydáno 30.09.83

199485

(11) (B1)

(51) Int. Cl.³

C 21 D 9/32

(75)

Autor vynálezu

Janota Rudolf dipl. tech. a
Pechman Václav ing., Plzeň

(54)

ZPŮSOB TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ CEMENTOVANÝCH OZUBENÝCH KOL VELKÝCH ROZMĚRŮ

Vynález se týká způsobu konečného tepelného zpracovávání cementovaných ozubených kol velkých rozměrů o modulu zubů rovném nebo větším než 6 mm, vyrobených z nízkolegovaných cementačních ocelí, kterým se zvyšují hodnoty dovoleného namáhání zubů v ohybu i na otláčení.

Až doposud se všechna cementovaná ozubená kola při konečném tepelném zpracování před popouštěním v rozsahu teplot 150 až 200 °C objemově kalí z teploty 820 až 850 °C do oleje nebo do jiných ochlazujících médií. Přitom se předpokládá, že hodnoty dovoleného namáhání zubů v ohybu i na otláčení jsou při dané síle a kvalitě cementační vrstvy, jakožto nositele příznivě působících tlakových pnutí, závislé na pevnosti základního materiálu, dosažené po konečném tepelném zpracování v jádře příslušných ozubených kol. Z těchto důvodů roste se zvětšujícími se rozměry ozubených kol nárok na stupeň legovanosti používaných cementačních ocelí, u nichž v naprosté většině převládá legování niklem, jehož účinek je z hlediska očekávaného vzrůstu prokalitelnosti neúměrný jeho ceně. Převládající úroveň legování je plně postačující u ozubených kol malých průměrů a modulů, na nichž se hodnoty dovoleného namáhání zubů v ohybu i na otláčení experimentálně zjišťují, ale u kterých však dosahování vysokých hodnot pevnosti v celém jejich průřezu po objemovém kalení nečiní žádná potíže.

Nevýhody doposud používaného konečného tepelného zpracování cementovaných ozubených kol větších rozměrů spočívají v tom, že po jejich objemovém kalení do oleje, které převládá, nejsou v místech rozhodujících o úrovni hodnot dovoleného namáhání zubů v ohybu i na otlacení dosahovány takové pevnostní charakteristiky, jaké jsou běžně zajišťovány při objemovém kalení malých cementovaných ozubených kol v celém jejich průřezu. Tento nedostatek lze také vyjádřit tak, že doposud uváděné hodnoty dovoleného namáhání zubů v ohybu i na otlacení u příslušných cementačních ocelí nerespektují dostatečně faktor velikosti vyráběných ozubených kol. Další nevýhodou doposud používaného objemového kalení rozměrnějších cementovaných ozubených kol je skutečnost, že během jejich kalení dochází ke vzniku deformací i k zákonitým změnám objemů, které při konečném broušení vedou nevyhnutelně k výraznému zeslabování a někdy až k možnému probroušení cementační vrstvy v kritických místech zubů.

Společným výsledkem těchto hlavních nedostatků objemového kalení rozměrnějších cementovaných ozubených kol je radikální snižování hodnot dovoleného namáhání zubů v ohybu i na otlacení proti hodnotám, zjištěným experimentálně na ozubených kolech s malými průměry a moduly. Je známá snaha odstraňovat tyto hlavní nedostatky objemového kalení zubů rozměrnějších cementovaných ozubených kol povrchovým kalením jejich zubů plamenem nebo kalením vysokofrekvenčním provedením v rozsahu teplot 880 až 950 °C při využití vodní nebo olejové sprchy a následujícím popouštěním při teplotě 150 až 200 °C. Obě tyto metody jsou však z hlediska ohřevů nutných ke kvalitnímu zakalení v patách zubů u větších modulů málo účinné. Nespornou nevýhodou těchto metod potom zůstává, že při jejich použití dojde jen k zakalení cementační vrstvy, což je z hlediska vysokých hodnot dovoleného namáhání zubů v ohybu a zejména dovoleného namáhání na otlacení nedostatečné. Navíc je kalení velmi slabých vrstev vždycky spojeno s potížemi i s nízkou opakovatelností výsledků při provozní aplikaci.

Nevýhody uvedených způsobů tepelného zpracování cementovaných ozubených kol velkých rozměrů o modulu zubů rovném nebo větším než 6 mm, vyrobených z nízkolegovaných cementačních ocelí, které se před popouštěním v rozsahu teplot 180 až 250 °C a před konečným broušením povrchově kalí z teploty 880 až 930 °C vodní nebo olejovou sprchou, odstraňuje způsob tepelného zpracování podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že se nacementované zuby ozubených kol před popouštěním indukčně mezerově středofrekvenčně kalí vodní nebo olejovou sprchou do hloubky 1 až 3,5 mm základního materiálu podle modulu.

Takto zakalená vrstva základního materiálu, jejíž síla vzrůstá se zvětšujícím se modulem, vykazující strukturu vysokopevného a značně houževnatého nízkouhlíkového martenzitu, vytváří pod tvrdou cementační vrstvou dokonale pevný základ, jako nezbytný předpoklad pro vysoké hodnoty dovoleného namáhání zubů v ohybu i na otlacení, bez velkého nároku na stupeň legování základního materiálu. Nespornou předností tohoto způsobu rovněž je, že větší množství zbytkového austenitu v takto zakalené cementační vrstvě jí propůjčuje větší odolnost proti okamžitému vzniku kalicích trhlin a současně umožňuje i předpo-

kládá využití vyšších popouštěcích teplot po zakalení, jejichž účinkem dojde k jeho dodatečné transformaci.

Předností nové technologie konečného tepelného zpracování rozměrnějších cementovaných ozubených kol podle vynálezu je, že odstraňuje značné deformace zaznamenávané po objemovém kalení, přičemž bez velkého nároku na stupeň legování použitých ocelí zajišťuje u příslušných ozubených kol vysoké hodnoty dovoleného namáhání tubů v ohybu i na otlačení. Porovnáním vlastností cementovaných ozubených kol objemově a středofrekvenčně mezerově kalených bylo zjištěno, že ozubená kola zpracovaná novou technologií, která je předmětem vynálezu, jsou z hlediska výsledných hodnot dovoleného namáhání zubů v ohybu i na otlačení objemově kaleným kolům minimálně rovnocenná.

Příkladem využití vynálezu je výroba ozubených kol o hlavovém průměru 950 mm, šířce ozubení 150 mm, modulu 12 mm a úhlu záběru 20° s přímým evolventním ozubením. Použita ocel o složení v % hmotnostních: uhlík 0,19 %, mangan 1,20 %, křemík 0,29 %, chrom 1,05 %, fosfor 0,028 % a síra 0,025 %. Po zušlechtnění výkovků na pevnost 700 až 800 MPa jsou ozubená kola třískově obráběna s technologickým přídatkem 5 mm kromě hlavového průměru a ozubení. Hlavový průměr je ihned opracován na konečný rozměr, tj. 950 mm a ozubení s přídatkem 0,12 mm na konečné broušení. Následuje cementační proces při teplotě 900°C na hloubku cementační vrstvy 1,6 až 1,8 mm. Po vyžhání jsou kola připravena k dohotovení. Dosažený strukturní stav a mechanické hodnoty základního materiálu jsou konečné. Po opískování jsou ozubena kola kromě ozubení dohotovena. Následuje středofrekvenční mezerové kalení, při němž jsou po ohřevu na 880 až 930°C postupně zakaleny při použití vodní nebo olejové sprchy všechny zubové mezery. Kromě cementační vrstvy je zakalena i vrstva základního materiálu v síle 2,5 až 3,2 mm pod cementační vrstvou. Dosažená tvrdost na povrchu zubů leží v rozmezí 61 až 63 HRC. Bezprostředně po středofrekvenčním zakalení poslední zubové mezery následuje popouštění celých kol v rozsahu teplot 180 až 250°C . Po dvouhodinové výdrži na těchto teplotách následuje ochlazení ozubených kol v peci nebo na vzduchu. Po této operaci poklesne tvrdost na 57 až 59 HRC. Následujícím obroušením ozubení jsou ozubená kola dohotovena.

Předmět vynálezu

Způsob tepelného zpracování cementovaných ozubených kol velkých rozměrů o modulu zubů rovném nebo větším než 6 mm vyrobených z nízkolegovaných cementačních ocelí, které se před popouštěním v rozsahu teplot 180 až 250°C a před konečným broušením povrchově kalí z teploty 880 až 930°C vodní nebo olejovou sprchou, vyznačující se tím, že se nacementované zuby ozubených kol před popouštěním indukčně mezerově středofrekvenčně kalí vodní nebo olejovou sprchou do hloubky 1 až 3,5 mm základního materiálu podle modulu.