FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

ÚJ TIPUSÚ SZERSZÁMKONCEPCIÓ FOGASKEREKEK INDUKCIÓS EDZÉSÉRE

NEW HEATING TOOL CONCEPT, FOR INDUCTION HARDENING OF GEARS

VÁRI Győző

AAGES Ltd. str. Agricultorilor nr. 16, 547530 Sângeorgiu de Mureș, România, tel: +40-753-805935, gy.vari@aages.ro

Abstract

The goal of induction hardening of gears is to provide a fine-grained, fully martensitic layer on specific areas of the gear to increase hardness and wear resistance. These areas vary from flank hardening to tooth-tip hardening, root hardening, contour hardening or particular combinations of the processes enumerated before. External spur and helical gears, worm gears, internal gears, racks and sprockets are among the parts that are typically induction hardened. The increase in hardness improves contact fatigue strength. The applied hardening processes are using medium or high frequency, in some cases both. This processes are typically performed on "scanner" machines. For gears with considerably large diameters and modules larger then 8, the typical hardening technologies are the gap-by-gap or the tooth-by-tooth hardening [1]. In this paper, a new induction heating tool concept is presented, one that is based on the gear manufacturing process of *Hobbing*.

Keywords: induction, hardening, gears, hob-type tool

Összefoglalás

A fogaskerekek indukciós edzésének célja a fogprofil részleges vagy teljes felületén minél egyenletesebb eloszlású finomszemcsés, teljesen martenzites réteg kialakítása, a keménység és ennek következményeként kopásállóság növelése végett. Az edzett felületek foggeometriához viszonyított illeszkedése függvényében megkülönböztetjük a profil menti edzést, a fogfej edzést, betétedzést, teljes profil menti edzést és ezek kombinációját. Indukciós edzést alkalmaznak külső fogazatú hengeres fogaskerekek, ferde fogazású fogaskerekek, csiga kerekek, belső fogazású fogaskerekek, fogaslécok valamint lánckerekek edzésére. A felületi keménység növekedésével javul a kapcsolódás és erőátadás okozta fáradással szembeni ellenállás is. Az alkalmazott eljárások zöme közép- vagy magas frekvenciás indukciós eljárás, néhány sajátos esetben mindkét típus kombinációja, amelyeket sajátos felépítésű, úgynevezett "szkenner"-típusú gépeken végeznek. A meglehetősen nagy átmérőjű és $m=8$ mm-nél nagyobb modulú fogaskerekek esetében a „gap-by-gap” (fogárkonkénti) vagy „tooth-by-tooth” (fogankénti) szukcesszív edzési módszert alkalmazzák [1]. Jelen dolgozat egy olyan lehetséges szerszámfelépítést mutat be, amely jelentősen megnövelné a termelékenységet, a szakaszos eljárást folytonossá tenné, mivel a munkadarabhoz viszonyított relatív mozgása a csigamarós lefejtéshez hasonló. A dolgozat a szerszám geometriáját, felépítését, működési és alkalmazási elvét tárgyalja.

Kulcsszavak: indukciós edzés, fogaskerekek, csigamaró-típusú szerszám

1. A fogaskerek indukciós edzésének jelenlegi technológiájának alapfogalmai

Az indukciós edzés elve abban áll, hogy az anyag előhevítését az edzési hőfokra nem konvekciós, klasszikus hevítéssel, hanem áramindukció létrehozásával érjük el.

Ha egy elektromos vezetőben periodikusan változó áram folyik, az maga körül váltakozó elektromágneses teret hoz létre. Ebbe a térbe helyezett másik vezetőben, a tér hatására szintén váltakozó elektromos áram folyik. Indukciós hevítés esetén, az első vezető az induktor, a második a munkadarab. Ha a jól megválasztott frekvenciájú és kellően nagy áram folyik, akkor a munkadarab felhevül [1], [2].

Az indukciós edzés előnyei közé tartozik az, hogy az edzési frekvencia változtatásával változik a behatolási mélység, azaz a kéregvastagság a „skin-effektus” miatt. Az indukált áramok a munkadarab felületi rétegében folynak. Alacsony frekvenciát használva, a behatolási mélység jelentősen nagy (pld. rozsdamentes acél esetén 8 kHz-es edzési frekvencián 6.2 mm a behatolási mélység.). 2.5..8 kHz-es frekvencián már kovácsolási művelethez végeznek előhevítést, amit a teljes tömbbeli áthevítés jellemez, viszont a munkadarab lényegesen több időt tölt a szerszám belsejében. A frekvencia növekedésével a kéregvastagság jelentősen csökken [1]. Ez annak köszönhető, hogy a magas frekvencián történő indukciós edzési folyamat alatt, az edzőszerszám a „skin” efektusnak köszönhetően, a felülethez közeli rétegekben indukál áramot (eddy currents). Ez a jelenség különösen kedvező fogaskerek edzésére, mivel magas frekvencián, a fogprofil mentén alakul ki a martenzites réteg, relatív vékony kéregvastagsággal. Közép- vagy alacsony frekvenciát alkalmazva, teljes töbeedzést végeznek a fogaskerekeken. Vagyis a teljes fogaskerék test átedződik, amely hátránya, hogy a fogprofil rugalmassága nagy mértékben lecsökken. Sok esetben, a beedzett fogaskeréken repedések jelenhetnek meg közvetlen edzés után [1], [2]. A kéregvastagság változása és az edzett réteg sajátos elhelyezkedését az 1. ábrán tüntettük fel.

1.ábra. A kéregvastagság és az edzett réteg eloszlása [1]

Átlagban a kisebb modullal ($m < 8$) és átmérővel ($D_a < 300$ mm) rendelkező fogaskerek edzésére „szkennelő”, vagy „spin hardening” módszereket alkalmaznak – ezek a módszerek többnyire egyfrekvenciás műveletekből állnak (CDFC – conventional single frequency concept). [1], [4].

A szkennelő- eljárás abban áll, hogy az edzőszerszám elhalad az edzendő felület előtt, és végigpásztázza azt, a felületi rétegekben pedig vándorló áramot indukál, így az egész felület áthévül. Fogaskerekek edzése esetén, szkennelő eljárásnál a munkadarab nem végez mozgást. Ezzel szemben a „spin hardening” módszer esetében, a munkadarab forog az őt körülvevő szerszám belsejében. [1], [4].

Technológiától vagy felhasználástól függően még végezhető lüktető egyfrekvenciás edzés (PSFC - pulsing single frequency concept) vagy lüktető kétfrekvenciás edzés (PDFC – pulsing dual frequency concept). Ezen módszerek egyedüli hátránya az, hogy az edzőszerszám geometriája – főként nagy átmérőjű kerek esetében – jelentősen elbonyolódik. [1],[4].

Nagy, $m=8$ mm-nél nagyobb modulú és $D_a=300$ mm-nél nagyobb fejkörátmérőjű fogaskerekek esetében, a „gap-by-gap” vagy a „tooth-by-tooth” módszereket alkalmazzák. A „gap-by-gap” azaz a fogárokkénti módszer lényege, hogy a szerszám egy fogárokba van helyezve, így egy-egy fogprofil és maga a fogárok van hevítve. Ezzel szemben a „tooth-by-tooth” eljárásnál a szerszám burkolja a fogat.[1], [4].

Az említett eljárások előnye abban áll, hogy a megfelelő alakú edzőszerszám alkalmazásával igen pontosan lehet befolyásolni a kéregeloszlás alakját. A szakaszos hevítés-hűtés- léptetés ciklusok viszont rengeteg segédidőt igényelnek, ami a termelékenységet erőteljesen korlátozza. Az elmondottakból egyértelműen következik, hogy megalapozott olyan szerszám kifejlesztését megcélozni, amely a termelékenységet megsokszorozza, de a klasszikus eljárások előnyeit megtartja.

2. A klasszikus szkennner típusú edzőgépen történő edzés jellegzetességei

Fogaskerekek indukciós edzését a leggyakrabban pásztázó (szkenner) edzőgépeken végzik. Ezeknek két alaptípusa létezik: a függőleges (VHM) illetve a vízszintes (HHM). Ezen edzőgépek általában osztó- vagy forgó-asztallal rendelkeznek. A függőleges edzőgépeken a főmozgást a szerszám, míg a mellékmozgást minden esetben a munkadarab végzi. Vannak esetek („one-shot”) edzés amikor a munkadarab mozdulatlan. Vízszintes (HHM) edzőgépeken a munkadarab végzi a főmozgást, a szerszám pedig beállító mozgásokat.

A VHM típusú pásztázó-edzőgépek termelékenysége, a jelenlegi helyzethez viszonyítva, közepes. Ennél nagyobb a vízszintes edzőgépek termelékenysége, mivel a munkadarabok adagolása folyamatos.

Mindkét edzőgép konstrukciónak a legfontosabb jellemzője az edzési ciklus idő és a teljes ciklus idő. Ez esetben, a teljes ciklus idő tartalmazza a munkadarab behelyezési-, kivételi időt, a munkadarab mozgatási időt és az edzési ciklus időt (mozgatási ciklus alatt, a munkadarab edzési pontba való mozgatási idő és kivételi pontba való mozgatási idő együttesét értjük).

Fogaskerek edzés esetén, kicsi és közepes méretű (és modulú) fogaskerekek, VHM típusú szkennner gépen történő edzés esetén a ciklusok (ciklusidők) hasonlóak a fentebb leírtakhoz. Viszont „gap-by-gap” és „tooth-by-tooth” módszerek esetében jelentősen megnövekedik a teljes ciklus idő, mivel minden fogat külön-külön kell megadni. Ez esetben:

$$T_{teljes} = T_{behelyezés} + T_{kivétel} + Z \cdot T_{Edzés} \quad (1)$$

3. A csiga típusú szerszám

Jelen dolgozatban bemutatott szerszámkoncepció a fentebb említett módszerek termelékenységét növelné. A javasolt konstrukció egy csiga típusú szerszám, amely szerepében egy klasszikus, több menetes induktorral azonos. A szerszám és a munkadarab

relatív elmozdulása a csigamarós fogaskerék-lefejtéssel megegyező [3]. A lényeg az, hogy optimális légrést kell biztosítani a szerszám és a munkadarab-felület között.

Az edzőszerszám két féltengely közé van szerelve. A reaktív áramot szénkefék adják át a féltengelyeknek, és innen a szerszámnak. A szerszám hűtése (desztillált vízzel) a féltengelyeken keresztül történik. A féltengelyek forgását pedig egy-egy szíjhajtással biztosítjuk, amely egy közlőtengelyről van leosztva. Fontos, hogy a két féltengely szinkronban mozogjon.

A szerszám, egy trapéz keresztmetszetű csőből kialakított „csiga-csavar”, amely belsejében mágneses térkoncentrátor található (pld. *Fluxtrol*). Ez az együttes, egy villamos szigetelő anyagból készült tengelyre lenne szerelve (2. ábra). A szerszám két végén található a befogótárcsák, amelyeken keresztül desztillált vízzel táplálhatjuk a szerszámot.

2.ábra. A csiga-típusú edzőszerszám felépítése

A szerszám által gerjesztett mágneses tér, csakis a szerszám külső átmérőjén lenne használható. Ennek hátránya viszont, hogy a mágneses tér hatásfoka relatív alacsony. Emiatt, a tápláló reaktív áram növelése szükséges.

4. További fejlesztési lehetőségek

A javasolt szerszám működésének optimalizálása további feladatsort tűz ki, amelyek közül a legfontosabbak a szerszám befogó-hajtó rendszerének hatékony és biztonságos kialakítása, a szerszám indukálta mágneses tér eloszlásának tanulmányozása, a fogfelület topológia függvényében kialakult távolságeloszlás tanulmányozása, a szerszámprofil optimális kialakítása, és a kísérletsorozat beállítása.

Irodalom

- [1] Valery Rudnev, Don Loveless, Raymond Cook, Micah Black: *Handbook of induction heating*, Marcel Dekker AG, 2003, Hivatkozási oldalak.
- [2] Farkas Árpád: *Indukciós hevítési és edzési eljárások*, Inductoheat Europe GmbH, 2011.
- [3] Hollanda Dénes, Máté Márton: *Așchiere și scule*, Edit. "Petru Maior", Târgu Mureș, 2003.
- [4] Valentin Nemkov: *Induction hardening of gears and sprockets*, Gear expo 2013, Indianapolis, 2013.