

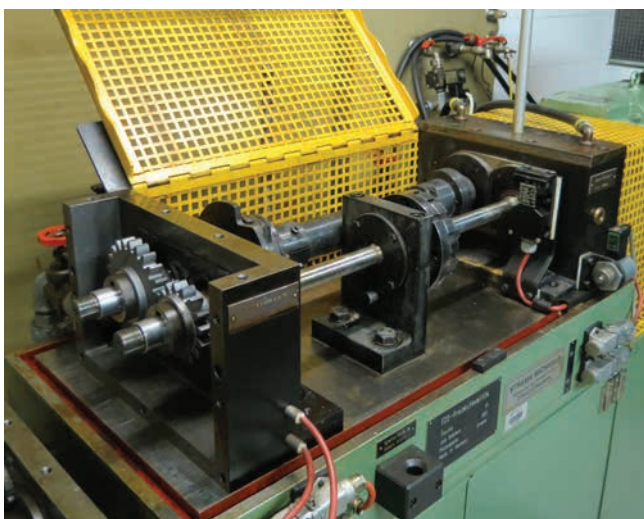
» Značilne poškodbe zobniških dvojic

dr. Boris Kržan
dr. Mitjan Kalin

Osnovni namen zobniških gonil je prenos moči in vrtljajev z motorja na gnani del delovnega stroja. Med vsemi gonili so zobniška še vedno najbolj razširjena. Prenos mehanske energije poteka prek kontakta zobniške dvojice, ki s svojo obliko zagotavlja, da se moč in vrtenje prenašata enakomerno in s čim manjšimi energijskimi izgubami.

Dimenzioniranje zobniških dvojic v skladu s smernicami standarda SIST ISO 6336 predvideva kontrolo nosilnosti in obratovalne vzdržljivosti zobnih bokov. Varnost pred zlomom zoba je nedvomno nujna, vendar je za zanesljivo obratovanje gonila potrebno, da zobni boki ohranijo prvotno, v zasnovi določeno in v proizvodnem procesu izdelano geometrijo. Poškodbo tukaj opredelimo kot deformacijo zobnega boka, ki zmanjšuje njegovo funkcionalnost. V priporočilu ANSI/AGMA 1010-E95 je opredeljenih 36 različnih poškodb zobniških dvojic. Združimo jih lahko v sedem skupin: lom zoba, obraba, zajedanje, poškodbe zaradi utrujanja materiala, poškodbe zaradi zunanjih vplivov, napake izdelave in preostale poškodbe. Med slednje spadata korozija in fretting.

Slika 1 prikazuje, da so za cementirano zobniško dvojico za različne hitrosti značilne različne poškodbe. Zaradi preglednosti so v diagram vrisane le poškodbe, ki so v praksi najpogostejše.



» Slika 1: Standardno preizkuševališče za določanje nosilnosti in obratovalne trdnosti zobniških dvojic

Natančen potek in medsebojna razmerja mejnih krivulj določimo predvsem na podlagi obsežnega eksperimentalnega dela skupaj s standardnimi izračuni (Slika 2). Za vsako posamezno kombinacijo obratovalnih pogojev, materiala zobnikov, toplotne obdelave površine zobnih bokov, kakovosti obdelave površine, vrste maziva, sistema mazanja in geometrije zobnih bokov dobimo karakteristično razmerje mejnih krivulj.

Normalna ali abrazivna obraba je značilna za počasi tekoča in zelo obremenjena zobniška gonila. Za poškodbo so značilne raze na zobnih bokih, ki potekajo v smeri drsenja po celotni dolžini ubiranja. Enakomerno so poškodovani vsi zobni boki. Pri nizkih obratih in visokih obremenitvah se pri potopnem mazanju pojavi težava z dovodom olja v kontakt zobniške dvojice. Dobra odločitev je uporaba masti, posebno za hitrosti pogonskega zobnika, manjše od 30 obratov/min. S povečevanjem hitrosti se dovod maziva izboljša in verjetnosti normalne obrabe praktično ni več, poveča pa se verjetnost nastanka zajedanja, jamičenja ali loma zoba.

Poškodba loma zoba je zajeta v trdnostnem preračunu in na splošno ni odvisna od maziva. Razlikujemo lom v korenenu zoba in lom na zobnem boku. Lom v korenenu zobnega boka se običajno začne z majhno razpoko, ki se pri obremenitvi odpira, pri razbremenitvi pa zapira. Razpoka se sčasoma večja, dokler se prerez zoba tako ne zmanjša, da pri dani obremenitvi nastane lom. Najpogostejša vzroka za nastanek začetne razpoke sta preoster prehod zobnega boka na osnovni valj in nepravilna termična obdelava, pri kateri nastanejo mikrorazpoke.

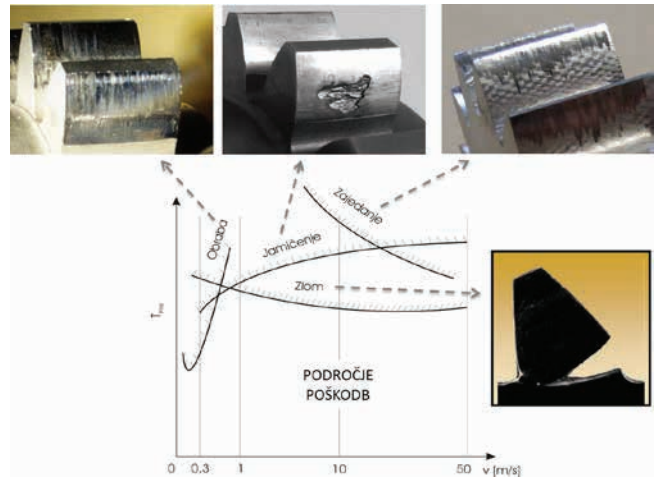
Jamičenje (angl. pitting) je poškodba, ki nastane kot posledica utrujanja materiala kotalno-drsnih kontaktnih površin, ločenih z mazalnim filmom ustrezne debeline. Zaradi ponavljajoče se površinske napetosti po določenem številu ciklov na mestu največjih primerjalnih napetosti nastanejo površinske ali podpovršinske razpoke v materialu, ki se sčasoma širijo, po določenem času pa s površine izpadejo obrabni delci v obliki lusk. Na površini nastane značilna poškodba v obliki jamic, praviloma na območju negativnega zdrsa, to je v območju notranje enojne točke ubiranja na pogonskem zobniku. Obremenitev, viskoznost in temperatura olja, velikost relativnega zdrsa, hrapavost površine in obodna hitrost so najpomembnejše vplivne veličine za nastanek jamičenja na zobnih bokih zobniške dvojice iz določenega materiala in z geometrijo. Značilna, precej velika poškodba na zobnem boku pastorka s cementirano površino je prikazana na Sliki 1.



Dr. Boris Kržan, dr. Mitjan Kalin
▪ Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani

Zajedanje (angl. scuffing) je lokalna poškodba zobnih bokov. Nastane kot posledica visoke kontaktne temperature, ki nastane zaradi kombinacije zvišanega površinskega tlaka in/ali relativne drsne hitrosti ter nenadoma, brez predhodnega opozorila. Poškodba zajedanja je povezana s prenosom materiala med obema kontaktnima površinama zaradi zaporednih prebojev mazalnega filma in nastajanja lokalnih mikrozarov ter njihovih nasilnih pretrgov kot posledice medsebojnega premika kontaktnih površin. Mehanizem obrabe, značilen za zajedanje, je adhezija. Kovine, še posebej s kristalno rešetko istega tipa, so zelo nagnjene k medsebojni adheziji in kažejo nizko odpornost na adhezijo. Začetne poškodbe se kažejo kot posamezne raze na temenu in/ali v korenu zobnega boka, kjer so drsne hitrosti največje in je možnost preboja mazalnega filma največja. Z obratovanjem postajajo raze globlje, širše in daljše. Primer poškodbe na temenu zobnega boka prikazuje Slika 1.

Zajedanje se v zobniškem kontaktu pojavi v pogojih mejnega mazanja, kjer debelina mazalnega filma ni zadostna, da bi zaščitila medsebojno gibajoči se površini zobnih bokov. Na nastanek poškodbe zajedanja vplivajo hitrost obratovanja, hrupavost zobnih bokov ter predvsem drsna hitrost na temenu in v korenu zobnega boka. Mazivo mora obvezno vsebovati EP-aditive, izbrati pa je treba tudi optimalno viskoznost. Če je mogoče, se pred rednim obratovanjem priporoča vtekanje, ki obratovalno dobo zobniške dvojice lahko poveča tudi za trikrat. Kriterij za oceno preboja mazalnega filma je temperatura v ubirni točki. Zajedanje se pojavi, ko dejanska temperatura preseže mejno temperaturo zajedanja. Računski model je določen s standardom SIST ISO/TR 13 989 in zajema določitev blokove in integralne temperature. Po kateri me-



» Slika 2: Mejne krivulje nosilnosti zobniške dvojice in značilne oblike poškodb na pastorku

todi mora biti opravljen izračun kontaktne temperature, standard ne določa, vendar prevladuje metoda integralne temperature.

Z izborom ustreznega maziva lahko bistveno vplivamo na nastanek večine poškodb zobniških dvojic. Pomembno pa je, da se med obratovanjem zagotavlja primerna kakovost izbranega maziva. Nasploh je pomanjkljivo vzdrževanje še vedno poglavitni vzrok za nastanek poškodb zobniških dvojic in presega pomen nastopa nenormalnih obratovalnih pogojev, ki prav tako vodijo do nastanka poškodbe.



KISTLER

measure. analyze. innovate.

maXYmos BL
maXYmos TL
maXYmos NC

Zaslonski XY za nadzor procesov s
100 % kakovostjo v proizvodnji,
montaži in preizkušanju izdelkov

Nenad Ilić, prodajni inženir
Balkanska regija, Predstavništvo za Kistler

Bulevar Despota Stefana 12/VIII Beograd, Srbija
telefon: +381 69 390 66 77
nenad.ilic@kistler.com

www.kistler.com