

7.10. Повреди на зъбите и критерии за работоспособност на зъбните предавки.

В зоната на зацепване зъбът се намира в сложво напрегнато състояние. Решаващо значение за работоспособността на предавката имат два основни фактора: напрежението в зоната на контакта между зъбите и напрежението на огъване. Поради цикличността на натоварването тези напрежения се променят по начин, наподобяващ пулсиращ цикъл. В зоната на зацепване върху зъбите ще действа освен нормалната сила F_n и силата на триене $F_{тр} = \mu F_n$, свързана с плъзгане между профолите. При незадоволително мазане или неблагоприятни условия масления слой няма необходимата товароносимост, което предизвиква появата на аномалии в предавката.

Основните видове повреди на зъбите на зъбните колела са посочени в БДС 17108-89. Приет е и БДС ISO 10825 – 1998 - Предавки зъбни. Износване и повреди на зъбите на зъбните колела, където са класифицирани 50 вида повреди на зъбните колела. Познаването на тези повреди позволява да се анализират и причините, които са ги предизвикали.

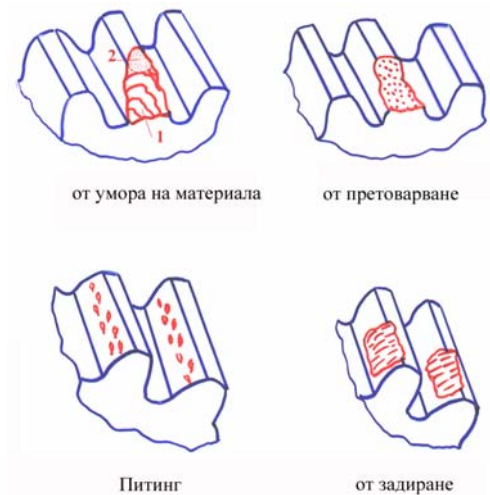
Най-често срещаните повреди са:

-счупване на зъбите /фиг.7.37/. Това е един от най-разпространените и най-опасният вид повреди на зъбите. Предизвиква внезапен отказ на предавката и често повреждане и на други детайли /валове, лагери/. Повредата се изразява в отчупване на част или на цял зъб при основата, откъм страната на опънатите влакна. Там действат най-големи напрежения на опън и местни напрежения, свързани с формата на зъба, с концентрацията на натоварването по дължината на зъба, поради грешки в изработването и монтажа и с еластичните деформации на валовете /натоварването се разпределя неравномерно по дължината на зъба/. При разрушаване на зъба от умора на материала се наблюдават две зони- зона 1- характерна със сравнително гладкия лом, вдлъбната форма и линиите, показващи напредването на фронта на разрушаването и се характеризира с блестяща повърхнина вследствие на триенето при нарастване на микропукнатината. Зона 2 –с матов цвят и едрозърнестата структура, вследствие на счупване от претоварване.

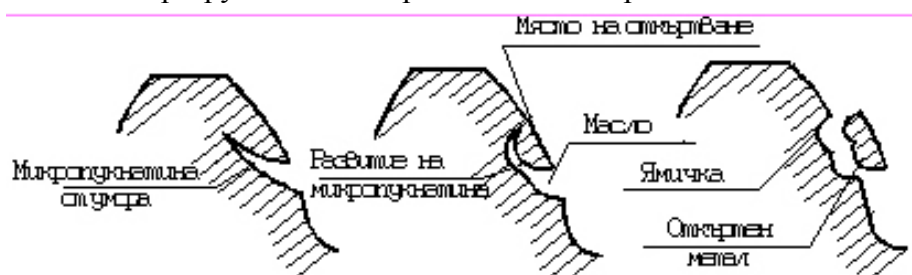
Разрушаването от голямо ударно или статично претоварване /насилствено счупване/ се получава при голямо претоварване, действащо еднократно или в течение на ограничен брой цикли на натоварването. Характерен е едрозърнестият лом и изпъкнала форма.

Питинг на зъбите. Това е откътрване на частици метал от повърхнината на зъбите в близост до полюса / фиг.7.37 /. Така по повърхностните слоеве се образуват ямички / питинг/, чийто размери биват много малки, едва различаващи се с невъоръжено око /начален питинг / и значителни - до няколко милиметра / прогресивен питинг /. Това е по-малко опасно, но най-разпространено и основен вид разрушаване на работните повърхнини на зъбите за

повечето закрити високоскоростни предавки, работещи при добро мазане. Питингът възниква при голям брой цикли на натоварването - не по-малък от (10...50). цикъла, предизвикващи



Фиг.7.37. Основни повреди на зъбите

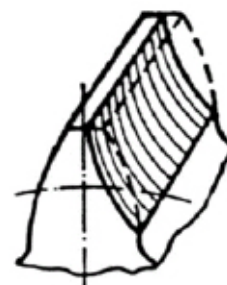


Фиг.7.38

умора на материала. Появата на питинг зависи от контактното напрежение, приплъзването на зъбите, грапавостта, смазването и др. При натоварване, превишаващо определена граница, променливите контактни напрежения предизвикват поява на микропукнатини близо до полюсната линия / фиг.7.37 /. В нея навлиза смазочен материал, който се затваря при контакта с другото колело, налягането на маслото в микропукнатината се повишава и тя се увеличава. Това действие се повтаря многократно, с всеки цикъл, докато металната частица се откърне от повърхностния слой, при което се образуват се ямички. Ямичките създават условия за разрушаване на плътния маслен филм, бързо износване или задиране на повърхнините /фиг.7.37/.

Тъй като причината за разрушаването от умора са контактните напрежения, контактната якост на работните (активните) повърхнини на зъбите е основен критерий за работоспособност и изчисляване на работещи в масло закрити предавки. Изчисляването на зъбите на огъване е проверочно.

Когато зъбната предавка е открита поради недостатъчно мазане, в резултат от триенето при относителното плъзгане на зъбите работните и повърхнини се и з н о с в а т /фиг.7.39 /. Разбира се, вследствие на умора на повърхностния слой на материала и тук се появяват микропукнатини, но тъй като износването на профила е поинтензивно от явлението питинг, то не може да се прояви. Много интензивно се износват работните повърхнини, когато в зоната на зацепване попадат метални частици, прах и други абразивни частици и зъбът постепенно загубва първоначалната си еволвентна форма. Следователно износването на работните повърхнини нарушава нормалната работа на предавката, но не я поврежда изведнъж. Износването може да се намали чрез намаляване на относителното плъзгане на работните профили, чрез намаляване на контактните напрежения и чрез правилен избор на мазилно вещество.



Фиг.7.39. Износване на зъбите

При тежко натоварени и високоскоростни предавки независимо от наличието на мазилно вещество, вследствие на високото налягане и температура в контактната зона на профилите става прекъсване на мазилния слой и ако работните повърхнини не са закалени, частици от единия зъб се откъсват и се заваряват към другия, като стават причина за з а д и р а н е на работните повърхнини / фиг.7.37 /. Предотвратяването на тази повреда става чрез употребата на противозадиращи масла /със специална добавка и с внимателно предварително сработване на повърхнините преди пускане на предавката в експлоатация.

Правилно проектираната предавка е пресметната така, че която и да е от описаните повреди да бъде изключена. Засега е възможно по изчислителен път да се осигури контактна якост и якостта на огъване на зъба. Методики за изчисляване на зъбите на износване и задиране засега няма.