

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБЬЕВ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ШЕСТЕРЕН ПРИ ИХ НАРЕЗАНИИ ЧЕРВЯЧНОЙ ФРЕЗОЙ**

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Анализ факторов, влияющих на качество основных характеристик поверхностей зубов цилиндрических колес (неровностей, микротвердость, остаточные напряжения) для червячных фрез. Было показано, что в большинстве этих характеристик в зависимости от режимов зубофрезерования (подача Таким образом, мм / об и скорость резания, м / мин). Степень влияния обрабатываемого материала должно быть проверено экспериментально.

Цилиндрические зубчатые колеса используются практически во всех рабочих и транспортных машинах. Качество поверхности зубьев шестерен влияет на важнейшие эксплуатационные свойства передач и машин: надежность, ресурс работы, виброакустические характеристики и др. Характеристики качества поверхностей зубьев формируются при зубонарезании, а на последующих операциях закономерно изменяются [1]. Причем процесс зубонарезания формирует до 54% дисперсии отдельных параметров качества поверхности зубьев готовых колес, прошедших операции шевингования, ХТО, зубохонингования, зубообкатки[1]. Это открывает возможности управлять значениями характеристик качества зубьев готовых цилиндрических шестерен, изменяя эти значения после зубонарезания. Для 90% типоразмеров цилиндрических шестерен в качестве метода зубонарезания используют зубофрезерование червячными фрезами. Вопросы формирования параметров качества поверхностей зубьев цилиндрических шестерен при их фрезеровании червячными фрезами изучены в настоящее время недостаточно. В данной работе предпринята попытка выявить основные факторы, влияющие на характеристики качества поверхностей зубьев цилиндрических шестерен при их зубофрезеровании червячными фрезами.

Параметры микронеровностей поверхностей зубьев цилиндрических шестерен после зубонарезания.

При зубофрезеровании на поверхности зубьев цилиндрических шестерен возникают микро- и макронеровности: волнистость h_b – в результате перемещения фрезы вдоль оси заготовки на величину подачи; огранка $h_{огр}$ – в связи с прерывистостью огибанияэвольвентного профиля зуба режущими кромками фрезы; риски и надрывы h_p – как следствие действия нароста и деформации поверхностного слоя под действием сил резания. Волнистость и огранка влияют на погрешности направления зубьев и профиля зубьев соответственно. Микронеровности зубьев формируются под действием нароста на зубьях фрез и сил резания. Нарост, как известно [2], зависит во многом от температуры в зоне резания и свойств материала шестерен.

Температура θ в зоне резания возрастает с увеличением скорости резания, прочности, твердости и пластичности обрабатываемого металла

$$\theta = C_0 V^\alpha \quad (1)$$

где C_0 – коэффициент, учитывающий влияние на температуру резания всех остальных факторов, кроме скорости резания V ; α – показатель степени, характеризующий интенсивность влияния V на повышение θ . Обычно $\alpha < 1$ и при обработке стали со скоростями резания $V=25...45$ м/мин, что характерно для зубофрезерования червячными фрезами, $\alpha=0,4$ [2].

Характер влияния скорости резания на образование нароста и, следовательно, на высоту микронеровностей R_z (или R_a) зависит также от свойств обрабатываемого материала, склонен или нет обрабатываемый материал к наростообразованию. Часто для цилиндрических шестерен используют низкоуглеродистые стали (18ГТ, 12ХНЗА и др.), подвергаемые после зубонарезания химико-термической обработке. Эти материалы пластичны и склонны к наростообразованию. На рисунке 1а

показано влияние V на R_z для материала, склонного к наростообразованию (кривая 1) и для обрабатываемого материала, не склонного к наростообразованию (кривая 2).

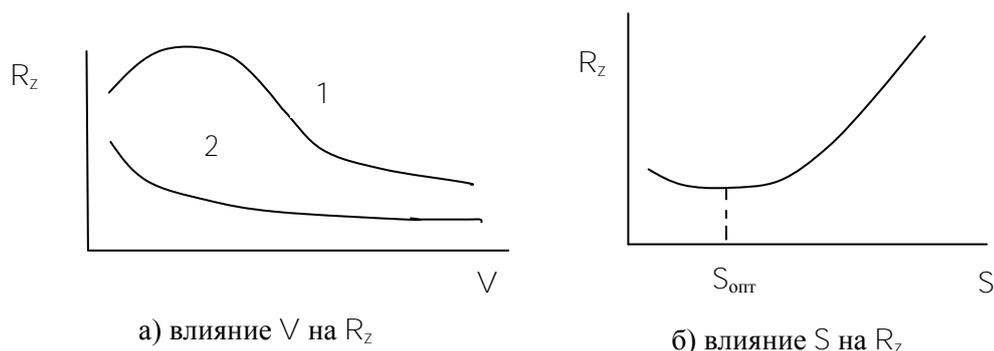


Рис. 1 – Типовые зависимости $R_z=f(V)$ и $R_z=f(S)$

В зонах малых (для стали до 10 м/мин) и больших скоростей (для стали свыше 50 м/мин) наростообразование снижается и значения R_z уменьшаются.

Сложный характер зависимости шероховатости от подачи можно объяснить тем, что при уменьшении последней уменьшается и толщина среза. Радиус скругления режущей кромки оказывается соизмеримым с толщиной среза и процесс стружкообразования в таких условиях становится неустойчивым, вследствие чего возрастают силы трения на задней поверхности и высота микронеровностей. При увеличении S возрастает неравномерность сил резания и вибрации в зоне резания. Это приводит к более частому удалению нароста и увеличению значений R_z .

Окружная сила резания – главная составляющая равнодействующей силы сопротивления металла резанию при зубофрезеровании червячной фрезой может быть рассчитана по формуле [3]:

$$P_z = C_p m^{1,4} S^{0,95} i^{1,4} V^{-0,28} k_{10} k_m \cdot 9,8 \quad (2)$$

где C_p – коэффициент, учитывающий влияние постоянных факторов на силу резания (для червячных фрез $C_p=15$); k_{10} – коэффициент, учитывающий заходность фрезы; $k_m=1 \dots 0,5$ – коэффициент, учитывающий твердость материала колес (например, для стали $k_m=1$); m – модуль зубьев колеса.

Таким образом, при заданных параметрах нарезаемого колеса (Z) и червячной фрезы (углы резания, радиус скругления режущей кромки) основными факторами, влияющими на микронеровности нарезаемых зубьев при зубофрезеровании червячной фрезой, являются режимы резания V и S и твердость НВ обрабатываемого материала. Однако, исследование влияния V , S и НВ на величину R_z обработанных зубьев при зубофрезеровании червячными фрезами [4] показало, что влияние S на R_z невелико (оно возрастает с увеличением модуля обрабатываемых зубьев), а влияние НВ практически отсутствует. Это свидетельствует о необходимости уточнения указанных взаимосвязей в современных условиях зубообработки.

Физико-механические свойства поверхностей зубьев цилиндрических шестерен после зубонарезания.

При резании металлов под действием силовых и тепловых процессов в зоне резания происходят явления упрочнения и разупрочнения металла и возникают остаточные напряжения в поверхностном слое. При резании пластическая деформация вызывает наклеп поверхности, за счет чего последняя упрочняется, повышается ее микротвердость и снижается пластичность. Пластическая деформация распространяется на определенную глубину металла, расположенного под обработанной поверхностью, и сопровождается скольжением, т.е. перемещением отдельных частей кристаллов по определенным кристаллографическим плоскостям. При пластической деформации происходит возникновение и концентрация дислокаций около линий сдвигов. Нагрев металла при резании приводит к его разупрочнению, частичному возвращению в исходное состояние. Конечное

состояние поверхностного слоя определяется соотношением процессов упрочнения и разупрочнения, зависящих от преобладания в зоне резания силового или теплового факторов. Силы резания в большей степени зависят от подачи S , а температуры резания – от скорости V . Определенную роль во взаимодействии этих процессов могут играть и свойства металла, характеризующиеся, в частности, его твердостью $HВ$. На рисунке 2 показаны типовые зависимости микротвердости поверхности H_{μ} от режимов резания.

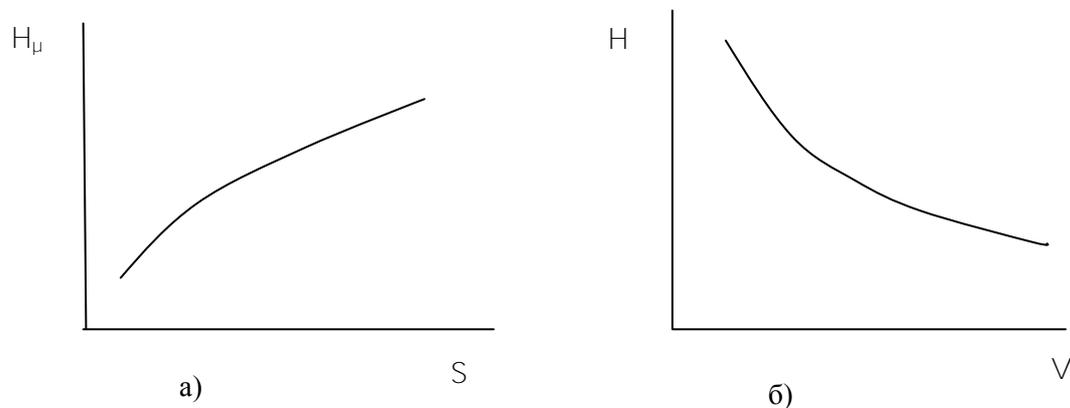


Рис. 2 – Зависимости микротвердости поверхности H_{μ} (степени ее наклепа) от подачи (а) и скорости резания (б)

Остаточные напряжения в поверхностном слое при резании возникают в результате взаимодействия статически и упруго деформированных слоев. Как показали наши исследования [1], при зубофрезеровании в поверхности зубьев возникают растягивающие напряжения первого рода порядка 260...430 МПа в зависимости от материала колес.

Таким образом, основными факторами, определяющими характеристики качества поверхностей зубьев цилиндрических шестерен при их нарезании червячными фрезами в заданных условиях обработки (параметры обрабатываемой шестерни и червячной фрезы) являются режимы резания S и V . Степень влияния материала шестерен на характеристики качества поверхности зубьев (особенно на высоту микронеровностей) нуждается в уточнении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кане, М.М., Медведев, А.И. Изменение параметров качества поверхности зубьев цилиндрических зубчатых колес на различных операциях их изготовления // Вестник машиностроения, 1997, №7. с.3-7.
2. Ящерицын, П.И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учебн. Пособие для вузов / П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Е.Э. Фельдштейн. – Мн.: Выш. шк., 1990. – 512 с.
3. Производство зубчатых колес: Справочник / С.Н. Калашников, А.С. Калашников, Г.И. Кочан [и др.]; Под общ.ред. Б.А. Тайца. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1990. – 464 с.
4. Медведицков, С.Н. Высокопроизводительное зубонарезание фрезами. / С.Н. Медведицков. – М.: Машиностроение, 1981. – 104 с.