



АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗАКАЛЕННЫХ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

¹Тимофеев Ю.В., *д.т.н., профессор*, ²Мироненко Е.В., *д.т.н., профессор*,
¹Клочко А.А., *д.т.н., профессор*, ³Кравцов А.Н., *аспирант*

¹Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,

²Донбасская государственная машиностроительная академия,

³Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

Эксплуатационные свойства закаленных крупномодульных зубчатых колес и их передач неразрывно связано с обеспечением параметров состояния поверхностного слоя закаленных крупномодульных зубчатых колес. С целью обеспечения эксплуатационных свойств закаленных крупномодульных зубчатых колес с условиями их обработки необходимо проанализировать комплексную систему параметров состояния поверхностного слоя и их влияние на эксплуатационные свойства закаленных крупномодульных зубчатых колес.

На базе принятой системы параметров предложены комплексные параметры, характеризующие несущую способность и равновесное состояние поверхностей при трении и износе для непосредственного обеспечения эксплуатационных свойств закаленных крупномодульных зубчатых колес.

Теоретический анализ несущей способности поверхностного слоя зубчатых колес позволяет установить необходимую систему параметров его состояния, включающую в себя макроотклонения (H_{max} – максимальная высота макроотклонения, H_p – высота сглаживания макроотклонения, характеризующая металлоемкость поверхности), волнистость (W_a – среднеарифметическое отклонение профиля волнистости, W_p – высота сглаживания профиля волнистости; W_z – высота волнистости по десяти точкам; S_{mw} – средний шаг волнистости, t_{mw} – относительная опорная площадь волнистости на уровне средней линии), шероховатость ГОСТ 2789-73: R_a – среднее арифметическое отклонение профиля, R_p – расстояние от линии выступов до средней линии, R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля, R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам, t_m – относительная опорная площадь неровностей на уровне средней линии, S_m – средний шаг неровностей, S – средний шаг неровностей по вершинам локальных выступов, t_p – относительная опорная длина профиля на уровне p и физико-механические свойства ($H_{\mu 0}$ – поверхностная микротвердость, σ_0 – величина остаточных напряжений на поверхности, $h_{H\mu}$ – глубина залегания упрочненного слоя, $h_{\sigma 0}$ – глубина залегания остаточных напряжений поверхности)

Один из путей решения технологического обеспечения эксплуатационных свойств цилиндрических зубчатых колес является разделение на конструкторскую и технологическую части, с выделением технологических параметров в виде комплексного показателя эксплуатационных свойств. Количество таких показателей и



их структура определяется из конкретных требований к изучаемому объекту.

Анализ результатов исследований по формированию высоты профиля шероховатости при различных методах обработки зубчатых колес позволяет сделать вывод, что на образование шероховатости при всех методах механической обработки оказывают влияние следующие факторы: геометрия рабочей части зубообрабатывающего инструмента (радиуса округления режущей кромки инструмента, направления неровностей при заточке инструмента, состояния поверхности инструмента, степени упрочнения рабочей части инструмента, кинематика рабочего движения инструмента, упругие и пластические деформации обрабатываемого материала в зоне контакта с рабочим инструментом.

Современная, научно-обоснованная организация работ поиска новых решений и технологии изготовления зубчатых колес, базируется на тесной взаимосвязи проблем обеспечения функциональных и экономических показателей зубчатых передач. Эксплуатационные характеристики, в значительной степени, определяются условиями взаимодействия контактирующих поверхностей, свойства которых обеспечиваются механическими методами обработки и на основании теории технологического обеспечения эксплуатационных свойств зубчатых колес с учетом функционально-стоимостного анализа.

Теоретическое и экспериментальное обоснование влияния комплексных параметров состояния поверхности на эксплуатационные свойства контактирующих поверхностей зубчатых колес, методология выбора методов обработки в обеспечении системы параметров поверхностного слоя применительно к материалам и форме обрабатываемых поверхностей является основной задачей научно-обоснованного технологического обеспечения эксплуатационных свойств закаленных крупномодульных зубчатых колес.

Для ответственных поверхностей производится нормирование не только высотных параметров, но и шаговых и параметра t_p , так как они обеспечивают их функциональные свойства.

Требования к шероховатости поверхности устанавливаются путем указания: 1) параметра шероховатости (одного или нескольких); 2) числовых значений выбранных параметров; 3) базовых длин, на которых происходит определение указанных параметров.

Наиболее распространенным применительно к зубчатым цилиндрическим колесам является вариант, когда указано числовое значение параметра, соответствующее допускаемой шероховатости, т. е. наибольшему предельному значению для параметров R_a , R_z , R_{max} , S_m , S и наименьшему предельному значению параметра t_p и направление неровностей поверхности по ГОСТ 2789–73.

При установлении требований шероховатости поверхности рекомендуется применять параметры R_a , R_z , R_{max} , t_p .

В научных исследованиях для оценки несущей способности шероховатости зубчатых колес исследуют: кривую опорной поверхности, построенную в относительных координатах $t_p = b\varepsilon^v$, параметры ее начального участка v и b , средние радиусы локальных выступов ρ и выступов p_m , радиус



впадин p'_m , безразмерный комплекс Δ .

Анализ различных профилей доказывает, что несущая способность шероховатости при неизменной их высоте R_{\max} (R_z) и величине R_a тем больше, чем меньше высота сглаживания R_p (расстояние от линии выступов до средней линии).

При одинаковых R_p и R_{\max} (R_z) несущая способность шероховатости выше, чем больше (R_a). На кривой профиля ζ , с уменьшением высоты шероховатости R_{\max} параметры R_a и R_p уменьшаются, а ее несущая способность увеличивается. Таким образом, из анализа различных профилей установлено, что несущая способность шероховатости зависит от ее высоты R_{\max} (R_z), высоты сглаживания R_p и от среднего арифметического отклонения профиля R_a .

Таким образом, результаты теоретических исследований показывают, что для оценки шероховатости поверхностей зубчатых колес достаточно иметь следующую систему параметров: R_a , R_p , R_{\max} , t_m , S_m и S , через которые могут быть определены все остальные параметры: v , b , t_p , p_m , ρ , p'_m , Δ , используемые в расчетах контактного взаимодействия и усталостной прочности зубчатых колес.

Что касается волнистости, под которой следует понимать неровности поверхности с шагом, большим базовой длины, используемой для измерения шероховатости, то до настоящего времени она не регламентирована ГОСТ 2789-73. Учет волнистости приводит к значительному изменению относительной опорной кривой поверхности, которую можно построить, рассматривая шероховатость и волнистость как независимые составляющие или рассматривая их совместно.

Таким образом, для оценки несущей способности волнистости необходимы следующие параметры: W_a , W_p , W_z и $S_n W$.

Для оценки шероховатости поверхностей зубчатых колес достаточно иметь следующую систему параметров: R_a , R_p , R_{\max} , t_m , S_m и S , через которые могут быть определены все остальные параметры: v , b , t_p , p_m , ρ , p'_m , Δ , используемые в расчетах контактного взаимодействия и усталостной прочности зубчатых колес.

Учет волнистости приводит к значительному изменению относительной опорной кривой поверхности, которую можно построить, рассматривая шероховатость и волнистость как независимые составляющие или рассматривая их совместно. Волнистость, как и шероховатость, в зависимости от методов и условий эксплуатации имеют разную форму и различное распределение выступов по высоте, что позволяет в зависимости от условий обработки с учетом эксплуатационных свойств установить взаимосвязь параметров состояния поверхностного слоя закаленных крупномодульных зубчатых колес, определяющих их эксплуатационные свойства.