

621.931
K584

Э.с.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Челябинский политехнический институт имени
Ленинского комсомола

На правах рукописи

Аспирант Е.Ф. КОЖЕМЯКИН

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ, РЕЖИМОВ И
ЭФФЕКТИВНОСТИ АБРАЗИВНОГО ШЕВИНГОВАНИЯ
ЗАКАЛЕННЫХ ШЕСТЕРЕН

Специальность 05.164 - "Технология машиностроения"

05.02.08

(Диссертация написана на русском языке)

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск-1972

4111

621.931.300.145.4 : 621.833

Работа выполнена на кафедре "Технология машиностроения"
Челябинского политехнического института имени Ленинского
комсомола.

Научный руководитель - доцент, канд. техн. наук
С.Н.КОРЧАК.

Официальные оппоненты: профессор, докт. техн. наук,
Д.Н.МАРГУЛИС;

канд. техн. наук
А.В.МУРДАСОВ.

Ведущее предприятие - Челябинский станкостроительный
завод имени С.Орджоникидзе.

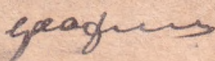
Автореферат разослан "___" _____ 1972г.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1972г.
на заседании Совета по присуждению ученых степеней механико-
технологического и автотракторного факультетов Челябинского
политехнического института имени Ленинского комсомола.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
института.

Отзывы в двух экземплярах просим присылать по адресу:
454044, г. Челябинск-44, пр. им. В.И.Ленина, 76, ЧПИ,
Ученому секретарю.

Ученый секретарь Совета
канд. техн. наук, доцент



(Харин С.Ф.)



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Челябинский политехнический институт имени
Ленинского комсомола

На правах рукописи

Аспирант Е.Ф.КОЖЕМЯКИН

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ, РЕЖИМОВ И
ЭФФЕКТИВНОСТИ АБРАЗИВНОГО ШЕВИНГОВАНИЯ
ЗАКАЛЕННЫХ ШЕСТЕРЕН

Специальность 05.164 - "Технология машиностроения"

(Диссертация написана на русском языке)

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск-1972



Работа выполнена на кафедре "Технология машиностроения"
Челябинского политехнического института имени Ленинского
комсомола.

Научный руководитель - доцент, канд. техн. наук
С.Н.КОРЧАК.

Официальные оппоненты: профессор, докт. техн. наук
Д.Н.МАРГУЛИС;

канд. техн. наук
А.В.МУРДАСОВ.

Ведущее предприятие - Челябинский станкостроительный
завод имени С.Орджоникидзе.

Автореферат разослан "___" _____ 1972г.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1972г.
на заседании Совета по присуждению ученых степеней механико-
технологического и автотракторного факультетов Челябинского
политехнического института имени Ленинского комсомола.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
института.

Отзывы в двух экземплярах просим присылать по адресу:
454044, г. Челябинск-44, пр. им. В.И.Ленина, 76, ЧПИ,
Ученому секретарю.

Ученый секретарь Совета
канд. техн. наук, доцент

Харин С.Ф. (Харин С.Ф.)

ВВЕДЕНИЕ

Постоянно растущие требования к качеству деталей машин делают необходимым совершенствование старых, поиск и внедрение новых способов их обработки. Одним из таких сравнительно новых способов обработки является абразивное шевингование стальных шестерен, закаленных на высокую твердость ($HRC > 35$).

Наиболее распространенными способами окончательной обработки стальных шестерен в настоящее время являются: до закалки – шевингование металлическим шевером, а после закалки – обкатка в паре с шестернями-инструментами, притирка или зубшлифование.

Шевингованием металлическим шевером довольно эффективно улучшается ряд точностных показателей шестерен, однако при термообработке шестерни деформируются и точностные показатели их ухудшаются. Обкаткой шестерен шестернями-инструментами главным образом удаляется окалина, частично устраняются заусенцы и сглаживаются мелкие забоины, а притиркой к тому же снижается шероховатость рабочих поверхностей зубьев. Однако точность изготовления шестерен этими способами повышается незначительно. Зубшлифованием обеспечиваются высокие требования по точности изготовления зубчатого венца и по шероховатости рабочих поверхностей зубьев шестерен и оно является необходимым для обработки шестерен 6 – 5 и более высоких степеней точности. Оно может применяться и для обработки шестерен 7 – 8 степеней точности в условиях единичного и мелкосерийного производства. В условиях же серийного (станкостроение) и массового производства (авто-тракторостроение) зубшлифование шестерен 7 – 8 степеней точности не всегда приемлемо в связи с большими затратами времени. Сокращение же времени зубшлифования ужесточение режимов обработки приводит к значительному тепловыделению в зоне резания, сопровождающемуся структурными преобразованиями поверхностных слоев рабочих поверхностей зубьев, появлением прижогов, микротрещин и

т. д., то есть снижением эксплуатационных свойств шестерен.

Внедрение рядом заводов нашей страны и за рубежом абразивного шевингования (зубохонингования) показало, что этим способом обработки возможно повышение точности изготовления шестерен по ряду показателей, снижение шероховатости боковых поверхностей зубьев и т. д., а низкие (по сравнению с зубошлифованием) скорости резания недостаточны для значительного тепловыделения в зоне резания. Все это в сочетании с высокой производительностью процесса делает абразивное шевингование одной из перспективных операций при изготовлении стальных шестерен.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В настоящее время перед заводами, осваивающими абразивное шевингование, встречаются значительные трудности, основной из которых является отсутствие рекомендаций по выбору режимов резания и по расчету инструмента, что вынуждает подбирать их в каждом конкретном случае экспериментально. А это значительно удлиняет сроки внедрения процесса в производство и требует больших материальных затрат. Имеющиеся в литературе данные по применяемым режимам абразивного шевингования установленные экспериментально в тех или иных конкретных условиях, настолько разноречивы, что воспользоваться ими для назначения режимов резания при освоении процесса практически невозможно. В табл. 1, составленной по данным различных источ-

Таблица 1

Применяемые режимы абразивного шевингования закаленных шестерен (по данным различных источников)

Элементы режимов резания	Радиальная нагрузка, кг	Окружная нагрузка, кгм	Продольная подача стола, мм/мин	Скорость резания, м/сек	Угол скрещивания	Частота осцилляции, 1/сек
Минимальные	10	0,176	90	2	15°	3,3
Максимальные	60	3	600	10	36° 56' 14"	300

ников, приведены диапазоны применяемых режимов абразивного шевингования. Как видно из таблицы, эти режимы колеблются в

очень широких пределах. Так, наименьшие из приведенных значений отличаются от наибольших - по скорости резания - в 5 раз, по продольной подаче - в 7 раз, по радиальной нагрузке - в 6 раз, по окружной нагрузке - в 17 раз, а по частоте осцилляции инструмента - в 90 раз. Угол скрещивания осей инструмента и обрабатываемой шестерни в большинстве случаев выбирается не исходя из его влияния на производительность и качество обработки, а принимается равным углу наклона зубьев обрабатываемой косозубой шестерни (прямозубый шевёр).

Авторы многих работ отмечают возможность снижения абразивным шевингованием тех или иных погрешностей изготовления закаленных шестерен, однако, как правило, ограничиваются рассмотрением двух - трех точностных параметров, что делает имеющиеся сведения недостаточными для прогнозирования эффективности обработки.

В связи с этим возникает необходимость дальнейших теоретических и экспериментальных исследований процесса.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Цель данной работы состоит в том, чтобы:

во-первых, установить на основе теоретического анализа кинематики абразивного шевингования зависимости для определения размерных характеристик режущего инструмента (диаметральных размеров, угла наклона зубьев) и наладочных параметров процесса (подачи стола станка, угла скрещивания осей обрабатываемой шестерни и инструмента, коэффициента осцилляции инструмента); во-вторых, проверить экспериментально полученные теоретические зависимости, а также степень снижения погрешностей изготовления шестерен по комплексу основных точностных параметров.

В качестве основной теоретической предпосылки к исследованию выдвинуто предположение, что при абразивном шевинговании стальных закаленных шестерен существует зависимость интенсивности съема металла от угла пересечения рисков, оставляемых отдельными абразивными зёрнами инструмента на обрабатываемой поверхности, подобная зависимости, наблюдающейся при хонинговании и суперфинишировании: с увеличением угла пересечения рисков до некоторого значения интенсивность съема металла возрастает, а затем снижается. Оптимальные значения угла пересечения рисков, по данным многих исследователей процесса

хонингования, находятся в пределах от 30 до 60°.

Выдвинуто также предположение, что оптимальные кинематические параметры абразивного шевингования обеспечиваются при условии равенства длин проекций риска на образующую поверхности зуба шестерни продольной подаче стола станка на оборот шестерни.

Экспериментальное исследование при выполнении данной работы проводилось в следующих направлениях:

1. Проверка теоретических предпосылок, а также возможности использования полученных формул для определения режимов резания и размеров инструмента в практических целях.

2. Определение количественных показателей повышения точности изготовления закаленных шестерен абразивным шевингованием по комплексу точностных параметров.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ АБРАЗИВНОГО ШЕВИНГОВАНИЯ ЗАКАЛЕННЫХ ШЕСТЕРЕН

При абразивном шевинговании шестерен, как и при шевинговании их металлическим шевером, шестерня вводится в зацепление с шевером так, что их оси скрещиваются под некоторым углом θ . Этим обусловлены, во-первых, точечный контакт их зубьев (в результате внедрения абразивных зерен в тело зуба шестерни точка контакта превращается в пятно контакта) и, во-вторых, наличие следующих их относительных движений:

- 1) перекачивания в направлении высоты зубьев,
- 2) проскальзывания в направлении высоты зубьев,
- 3) проскальзывания в направлении длины зубьев.

В результате всех этих движений точка контакта зубьев шевера и шестерни перемещается по поверхности зуба шестерни по траектории A_0B_0 (рис.1), которая в случае обработки прямоугольной шестерни косозубым шевером имеет уравнение

$$x = z \cdot \cos \alpha \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta} \left(\sqrt{2 \frac{\rho}{z} \cos \alpha + \sin^2 \alpha} - \sin \alpha \right), \quad (1)$$

где: z - радиус начального цилиндра шестерни;

α - угол зацепления;

θ - угол скрещивания;

ρ - расстояние от точки контакта зубьев шевера и шестерни до начального цилиндра шестерни.

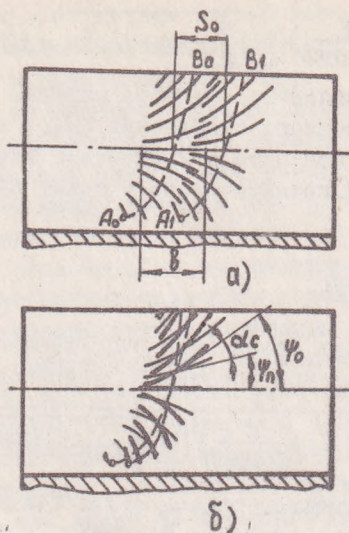


Рис. 1

Следы обработки на поверхности
зуба шестерни

- а) за два следующих друг за другом оборота шестерни при одном и том же ходе стола станка,
- б) за два оборота шестерни при прямом и обратном ходах стола станка

В результате же последних двух движений абразивные зерна скользят по поверхности зуба шестерни и, внедряясь в тело зуба, снимают стружку. При этом на поверхности зуба шестерни остаются следы обработки в виде веерообразно расходящихся рисок. Угол наклона рисок ψ зависит от соотношения скоростей скольжения в направлении высоты (вертикальное скольжение) и в направлении длины зуба (осевое скольжение):

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{v_{вс}}{v_{ос}} \quad (2)$$

Скорость вертикального скольжения ($v_{вс}$) зависит от расположения точки контакта зубьев шевра и шестерни относительно начального цилиндра шестерни и может быть выражена формулой

$$V_{\text{oc}} = \omega z \left(1 + \frac{z}{2m \cos \theta}\right) \left(\sqrt{2 \frac{p}{z} \cos \alpha + \sin^2 \alpha} - \sin \alpha\right), \quad (3)$$

где $z_{\text{ш}}$ – радиус начального цилиндра шевра.

Скорость же осевого скольжения (V_{oc}) в зависимости от расположения точки контакта относительно начального цилиндра шестерни изменяется незначительно и может быть выражена известной формулой

$$V_{\text{oc}} = \omega z \operatorname{tg} \theta. \quad (4)$$

Полная скорость скольжения зуба шевра по зубу шестерни, или скорость резания при абразивном шевинговании, равна

$$V_p = \omega z \sqrt{\operatorname{tg}^2 \theta + \left(1 + \frac{z}{2m \cos \theta}\right)^2 \left(\sqrt{2 \frac{p}{z} \cos \alpha + \sin^2 \alpha} - \sin \alpha\right)^2}. \quad (5)$$

С учетом продольной подачи стола станка скорость осевого скольжения может быть выражена формулой

$$V_{\text{oc}} = \omega z \operatorname{tg} \theta \pm \frac{S_0}{2\pi z}, \quad (6)$$

где S_0 – продольная подача стола станка на оборот шестерни. Знак "+" соответствует прямому ходу стола, а знак "-" – обратному ходу. Тогда, в соответствии с равенством (2),

$$\operatorname{tg} \psi = \left(1 + \frac{z}{2m \cos \theta}\right) \frac{\sqrt{2 \frac{p}{z} \cos \alpha + \sin^2 \alpha} - \sin \alpha}{\operatorname{tg} \theta \pm \frac{S_0}{2\pi z}}, \quad (7)$$

откуда угол пересечения рисок α_c (рис. 16) может быть выражен уравнением

$$\operatorname{tg} \alpha_c = \frac{2\left(1 + \frac{z}{2m \cos \theta}\right) \cdot \frac{S_0}{2\pi z} \cdot \left(\sqrt{2 \frac{p}{z} \cos \alpha + \sin^2 \alpha} - \sin \alpha\right)}{\operatorname{tg}^2 \theta - \left(\frac{S_0}{2\pi z}\right)^2 + \left(1 + \frac{z}{2m \cos \theta}\right)^2 \left(\sqrt{2 \frac{p}{z} \cos \alpha + \sin^2 \alpha} - \sin \alpha\right)^2}. \quad (8)$$

Из уравнения (8) видно, что величина угла α_c зависит от отношений p/z , $z/z_{\text{ш}}$, $S_0/2\pi z$, а также от угла скрещивания θ . Анализ уравнения (8) показывает следующее.

а). Угол между рисками, расположенными на начальном

цилиндре шестерни, равен нулю, а при удалении их в сторону головки или ножки зуба увеличивается. Поэтому съём металла у головки и ножки зуба должен быть больше, чем у начального цилиндра и, следовательно, пятно контакта зуба шестерни должно смещаться к начальному цилиндру.

б). Радиус начального цилиндра шевра должен быть максимально допускаемым конструкцией станка и размерами обрабатываемой шестерни, так как при его увеличении, во-первых, увеличивается угол между рисками, что должно приводить к повышению интенсивности съема металла, и, во-вторых, съём одного и того же слоя металла распределяется на большее число зубьев шевра, что должно приводить к повышению его стойкости.

в). С уменьшением угла скрещивания θ угол между рисками увеличивается и, следовательно, улучшаются условия съема металла. Кроме того, при уменьшении угла скрещивания θ увеличивается пятно контакта зуба шестерни с зубом шевра и, следовательно, увеличивается число одновременно работающих зерен. Все это должно приводить к повышению интенсивности съема металла. Однако, как видно из формулы (4), при уменьшении угла скрещивания θ снижается скорость осевого скольжения и, следовательно, длина рисок δ (рис.1а). А это приводит к снижению интенсивности съема металла. Поэтому оптимальное значение угла скрещивания найдено из условия обеспечения максимального количества одновременно работающих зерен при обеспечении максимально возможного угла пересечения рисок α_c , что достигается, когда длина пятна контакта равна ширине зуба шестерни или шевра (берется меньшая из них), а стрела выпуклости профиля зуба шевра С (рис.2) больше или равна толщине

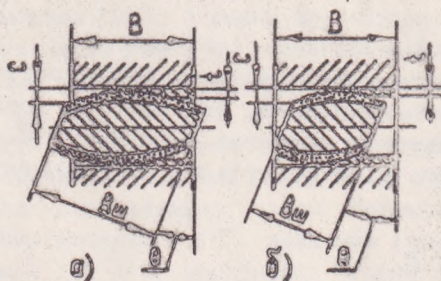


Рис. 2

слоя металла t , снимаемого за один ход стола. Это значение

угла скрещивания равно

$$\theta = \arcsin \left\{ \frac{4}{B \operatorname{tg} \alpha} \sqrt{\rho^2 - \left[\frac{(\rho + \rho_{\text{ш}} - t)^2 + \rho^2 - \rho_{\text{ш}}^2}{2(\rho + \rho_{\text{ш}} - t)} \right]^2} \right\}, \quad (9)$$

где $\rho = z \sin \alpha$ и $\rho_{\text{ш}} = z_{\text{ш}} \sin \alpha$ — радиусы кривизны поверхностей зубьев шестерни и шевера на их начальных цилиндрах.

г). С увеличением подачи S_0 угол между рисками α_c увеличивается. Изменяя подачу стола станка, можно получить любое значение угла пересечения рисок α_c от 0 до 90° , в том числе и оптимальные значения с точки зрения интенсивности съема металла. Однако для этого потребуется такое увеличение подачи S_0 , что она окажется больше длины рисок l (рис. 1а) и между обработанными полосками на поверхности зуба шестерни за каждый ее оборот появятся необработанные. А это приведет к необходимости увеличения числа ходов стола станка, то есть к снижению производительности. Поэтому подача S_0 , в соответствии с теоретической предпосылкой, должна быть примерно равной длине рисок l и может быть определена по формуле

$$S_0 = 2 \operatorname{tg} \theta \sqrt{\frac{2zt}{\operatorname{tg} \alpha \left(1 + \frac{z}{z_{\text{ш}} \cos \theta} \right)}}. \quad (10)$$

Подача S_0 , найденная по формуле (10), в подавляющем большинстве случаев недостаточна для обеспечения оптимального значения угла пересечения рисок α_c . Получить это значение можно применением осцилляции инструмента или обрабатываемой шестерни, характеризующейся коэффициентом осцилляции

$$K_0 = \alpha \delta, \quad (11)$$

где α — амплитуда и δ — частота осцилляции.

Учитывая, что средняя скорость осциллирующего движения должна соответствовать подаче S'_0 , найденной из уравнения (8) в зависимости от известных значений l (принимая $l = m$), z , $z_{\text{ш}}$, θ и от требуемого значения угла α_c , коэффициент осцилляции может быть выражен

$$K_0 = \frac{1}{240} S'_0 \cdot n. \quad (12)$$

В связи с тем, что определение величины S'_0 из уравнения (8) представляет некоторую трудность, построен ряд номограмм, по которым можно определить величину $S'_0/2\pi z$. Тогда коэффициент осцилляции можно найти по формуле

$$\frac{1}{240} \left(\frac{S'_0}{2\pi z} \right) \cdot 2\pi z \cdot n. \quad (13)$$

Таким образом, анализ кинематики абразивного шевингования позволил установить функциональные зависимости угла пересечения следов абразивных зерен на обрабатываемых поверхностях зубьев шестерни от различных параметров процесса, в результате чего даны рекомендации по выбору диаметральных размеров режущего инструмента (абразивного шевра), получены расчетные формулы и построены номограммы для определения:

- а) угла скрещивания осей обрабатываемой шестерни и шевра, а также угла наклона зубьев шевра;
- б) продольной подачи стола станка;
- в) коэффициента осцилляции шевра или обрабатываемой шестерни.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ АБРАЗИВНОГО ШЕВИНГОВАНИЯ

При проверке теоретических предпосылок к исследованию обрабатывались шестерни 12331 коробки передач трактора Т-100М (прямозубые, $m = 7$, $z = 25$, ширина зубчатого венца $B = 41$ мм., материал - сталь 20ХГНР ГОСТ 4543-61, химико-термическая обработка - цементация и закалка до HRC 56 + 63) на станке модели 5913. В качестве режущего инструмента применялся абразивный шевр на жесткой металлической основе со следующими характеристиками: угол наклона зуба $\beta_{ш} = 10^\circ$, $m = 7$, $z = 31$, $B_{ш} = 40$ мм., абразивный материал - 39 зернистости 25 (25% от общего количества абразива) и 12 (75%), связка на основе эпоксидной смолы Э-49. Обработка производилась при следующих режимах: число оборотов шевра в минуту - 500, угол скрещивания - 10° , величина окружного нагружения инструмента - 1,5 кгм, продольная подача стола станка - 100, 300, 600 мм/мин, смазывающе-охлаждающая жидкость - веретенное масло. Для сохранения неизменным машинного времени обработки число двойных ходов стола станка в цикле принима-

лось порпорциональным продольной подаче: 4, 12 и 24.

С продольной подачей 100 мм/мин обрабатывались две партии шестерен. При обработке первой партии с целью исключения пересечения рисок на поверхностях зубьев шестерни направление вращения шевра изменялось после каждого простого хода стола, а при обработке второй партии с целью обеспечения пересечения рисок под некоторым углом α_c направление вращения изменялось после каждого двойного хода стола. С подачей 600 мм/мин обработана одна партия шестерен; направление вращения шевра изменялось так же, как и при обработке второй партии, то есть после каждого двойного хода стола. С подачей 300мм/мин обработаны две партии шестерен: одна с изменением направления вращения после каждого двойного хода стола, а вторая - с изменением направления вращения после каждого простого хода стола, но с включенным механизмом осцилляции. При обработке же первых четырех партий механизм осцилляции был застопорен.

До обработки и после у шестерен измерялась толщина всех зубьев в среднем (по длине) их сечении тангенциальным зубомером с ценой деления шкалы индикаторной головки 0,001 мм и с передаточным отношением 0,364. По разности показаний до и после обработки определялась средняя для партии шестерен толщина снятого слоя металла. В табл. 2 приведены результаты эксперимента. Из этой таблицы видно, что при отсутствии воз-

Таблица 2

Влияние продольной подачи стола станка на величину угла пересечения рисок α_c и на интенсивность съема металла

№ партии шестерен	Подача стола станка, мм/мин	Отношение S_0 к длине рисок l	Средняя скорость резания, м/сек	Угол пересечения рисок α_c	Съем металла	
					Абсолютный, мм	Относительный, %
1	100	0,53	3,034	0	0,0095	100
2	100	0,53	3,034	0°40'	0,0110	115,8
3	300	1,58	3,034	2°	0,0137	144,2
4	600	3,13	3,034	4°	0,0126	132,6
5	300+осц	1,00	3,093	32°	0,0186	196

можности пересечения рисок ($\alpha_c = 0$) съем металла незначителен. При сохранении тех же условий, что и в первом случае,

но при обеспечении пересечения рисок под углом $\alpha_c = 40'$, съем металла возрос на 15,8%. При увеличении подачи S до 300 мм/мин и угла α_c до 2° съем металла по сравнению с первоначальным возрос на 44,2%. При увеличении подачи до 600 мм/мин наблюдалось некоторое снижение съема металла по сравнению с предыдущим, что может быть объяснено значительным превышением подачи стола станка на оборот шестерни S_0 оптимальной величины, равной длине проекций рисок на образующую эвольвентной поверхности зуба δ . При включенной же осцилляции шевера и подаче, равной 300 мм/мин, съем металла снова значительно увеличился (на 96% по сравнению с первоначальным и на 51,5% по сравнению со съемом при той же подаче, но без осцилляции шевера). Поскольку средняя скорость резания, определяемая как полусумма максимальной (на головке и во впадине зуба шестерни) и минимальной (на начальном цилиндре шестерни), оставалась практически постоянной, такое увеличение съема металла можно объяснить как влиянием угла пересечения рисок α_c , величина которого приблизилась к оптимальной, так и обеспечением равенства подачи стола станка на оборот шестерни S_0 длине δ проекций рисок на образующую поверхности зуба шестерни.

Экспериментальная проверка возможности использования теоретических формул для расчета кинематических параметров процесса абразивного шевингования и размерных характеристик режущего инструмента проводилась как в условиях Челябинского тракторного завода имени В.И.Ленина при обработке шестерен 12326 коробки передач трактора Т-100М (прямозубые, $m = 7$, $Z = 28$, $B = 38$ мм, материал - сталь 20ХГНР ГОСТ 4543-61, HRC 56+63), так и в условиях Челябинского станкостроительного завода имени С.Орджоникидзе при обработке шестерен 02-121 коробки скоростей станка 1К62 (прямозубые, $m = 2,25$, $Z = 36$, $B = 14$, материал - сталь 40Х ГОСТ 4543-61, термообработка - закалка ТВЧ до HRC 50). Проверялись формулы для определения продольной подачи стола станка, коэффициента осцилляции и угла скрещивания осей обрабатываемой шестерни и инструмента. При этом оказалось, что оптимальные эмпирические значения этих параметров близки к расчетным ($S_{расч.} = 186$, $S_{эмп.} = 200$ мм/мин; $K_{0расч.} = 133$, $K_{0эмп.} = 150$; $\theta_{расч.} = \theta_{эмп.} = 15^\circ$).

Таким образом, экспериментальное исследование подтвер-

дило теоретические предпосылки о влиянии угла пересечения риск, оставляемых абразивными зернами инструмента на обрабатываемых поверхностях зубьев шестерен, и соотношения подачи стола станка на оборот шестерни с длиной риск на интенсивность съема металла; исследование показало также, что полученные теоретические формулы и номограммы для определения режимов и размерных характеристик режущего инструмента для абразивного шевингования могут быть использованы в практических целях.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АБРАЗИВНОГО ШЕВИНГОВАНИЯ ЗАКАЛЕННЫХ ШЕСТЕРЕН

Исследование эффективности абразивного шевингования проводилось при обработке закаленных шестерен коробки передач трактора Т-100М и коробки скоростей станка 1К62 на оптимальных расчетно-эмпирических режимах в производственных условиях Челябинского тракторного завода имени В.И.Ленина и Челябинского станкостроительного завода имени С.Орджоникидзе. При этом определялись:

- 1) машинное время обработки,
- 2) повышение точности изготовления шестерен по комплексу основных показателей,
- 3) снижение шероховатости рабочих поверхностей зубьев, возможность удаления забоин и заусенцев,
- 4) степень снижения уровня шума.

Получены следующие результаты:

1. Штучное машинное время обработки в зависимости от размеров и модуля шестерен составляет 0,5 - 1 мин.
2. Снижение погрешностей изготовления закаленных шестерен по различным показателям составляет от 6 до 39 % (рис.3). При этом установлено, что снижение погрешностей, измеряемых в радиальном направлении, например, колебание измерительного межцентрового расстояния, происходит более эффективно, чем погрешностей, измеряемых в направлении, касательном к делительной окружности (колебание длины общей нормали, разность и накопленная погрешность окружного шага и др.).

3. Снижение шероховатости рабочих поверхностей зубьев

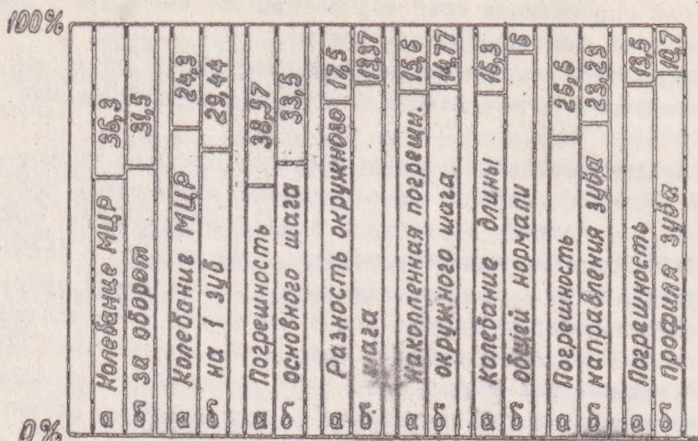


Рис. 3

Снижение погрешностей изготовления закаленных шестерен абразивным шевингованием
 а) трактора Т-100М, б) станка 1К62

шестерен составляло 1 - 2 класса, забоины и заусенцы эффективно устранялись.

4) Снижение уровня шума шестерен составляло 2 - 3 дцб.

ВЫВОДЫ

1. В результате теоретического и экспериментального исследования установлено, что угол пересечения риск, оставляемых абразивными зернами инструмента на обрабатываемых поверхностях зубьев шестерен, оказывает влияние на интенсивность съема металла и скорость исправления погрешностей зубьев, а оптимальные значения угла пересечения риск, соответствующие максимальной производительности процесса, подобно процессу хонингования, находятся в пределах от 30 до 50°.

2. Анализ кинематики и режимов абразивного шевингования позволил установить функциональные зависимости угла пересечения риск от различных параметров процесса, в результате чего даны рекомендации по выбору диаметральных размеров режущего инструмента (абразивного шевра), получены

расчетные формулы и построены номограммы для определения

- а) угла скрещивания осей обрабатываемой шестерни и шевера, а также угла наклона зубьев шевера;
- б) продольной подачи стола станка на оборот шестерни;
- в) коэффициента осцилляции шевера или обрабатываемой шестерни.

3. Экспериментальное исследование подтвердило расчетные зависимости съема металла от кинематических параметров процесса. При этом установлено, что более сильно влияющими на интенсивность съема металла являются подача стола станка и осцилляция инструмента и их можно использовать для повышения скорости снижения погрешностей зубчатого венца шестерен. Исследование показало также удовлетворительное совпадение оптимальных эмпирических режимов с расчетными, что дает возможность рекомендовать полученные формулы и номограммы к практическому использованию.

4. Процесс абразивного шевингования на оптимальных расчетно-эмпирических режимах внедрен на Челябинском станкостроительном заводе имени С.Орджоникидзе для обработки группы шестерен коробки скоростей станка 1К62, для чего модернизирован станок модели 5714 и оборудован участок для изготовления абразивных шеверов. Экономический эффект от внедрения составляет 24 000 рублей в год. Процесс также принят к внедрению на Челябинском тракторном заводе для обработки шестерен коробки передач трактора Т-130. Ожидаемый экономический эффект составляет 50 000 рублей в год.

Основные результаты работы доложены на следующих семинарах и конференциях:

1. Семинар "Точность и контроль зубчатых передач" областной секции технологии машиностроения и инструмента ИТО Машпрома. Челябинск, 1970.

2. Межобластной семинар "Новые виды абразивного и алмазного инструмента и его рациональная эксплуатация". Челябинск, 1970.

3. Юбилейная научно-техническая конференция Ленинанканского филиала Ереванского политехнического института имени К.Маркса, посвященная 100-летию со дня рождения В.И.Ленина. Ленинанкан, 1970.

4. XXIII научно-техническая конференция Челябинского

политехнического института имени Ленинского комсомола. Челябинск, 1970.

5. XXIV научно-техническая конференция Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола. Челябинск, 1971.

6. Научно-техническая конференция Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола "Прогрессивные методы и инструменты для обработки резанием и пластическим деформированием". Челябинск, 1971.

7. Научно-техническая конференция "Повышение надежности и долговечности деталей машин технологическими методами". Пермь, 1971.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Выбор элементов конструкции инструмента и режимов резания при абразивном шевинговании. В сборнике научных трудов № 79 "Прогрессивная технология чистовой обработки деталей машин" Челябинского политехнического института. Челябинск, 1970.

2. Кинематика абразивного шевингования закаленных шестерен. Материалы XXIII научно-технической конференции Челябинского политехнического института Челябинск, 1970.

3. Отделка зубьев закаленных шестерен абразивным шевингованием. Тезисы докладов У1 научно-технической конференции инструментальщиков Западного Урала. Пермь, 1971.

4. Улучшение качества закаленных шестерен методом абразивного шевингования. Тезисы докладов научно-технической конференции "Прогрессивные методы и инструменты для обработки резанием и пластическим деформированием". Челябинск, 1971.

5. Модернизация станка модели 5714 для абразивного шевингования закаленных шестерен. Информационный листок Челябинского ЦНТИ. Челябинск, 1971.

6. Повышение качества закаленных шестерен абразивным шевингованием. Тезисы докладов конференции "Повышение качества, надежности и долговечности деталей машин технологическими методами" 20 - 23 октября 1971 г. Пермь, 1971.

7. Абразивное шевингование закаленных шестерен. В сборнике "Технология машиностроения", выпуск 23. Тула, 1971.

Ф802056 Подписано и печата 7/II-72г. формат бумаги 60x90 1/16.
Объем 1,25 п.л. Отпечатано на ротационные ЧШМ. Тираж 120 экз.
Зак. № 76.