

**Совершенствование технологии комбинированной обработки
нешлифуемых цветных металлов на основе реализации “эффекта
безызносности”**

Зинин М.А., Сергеев Е.С., Гаврилов С.А., к.т.н. доц. Щедрин А.В.
ОАО «Научно-производственное предприятие Респиратор», МГТУ «МАМИ»
8(496)413-16-53, usbcs@yandex.ru, 8(496)413-16-79, FUEL7@yandex.ru,
8(495)223-05-23 (доб. 1451)

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования метода комбинированного прошивания отверстий инструментом с регулярной микрогеометрией поверхности в условиях реализации фундаментального физического “эффекта безызносности Гаркунова-Крагельского”. Определена оптимальная концентрация маслорастворимой металлоплакирующей наноструктурированной присадки “Валена”.

Ключевые слова: комбинированная обработка; нешлифуемые материалы; металлоплакирующая смазка; усилие обработки; качество обработки; комбинированное прошивание.

Как показывает системный анализ методов обработки [1], применение фундаментальных физических эффектов [2], к которым относится научное открытие “эффект безызносности Гаркунова-Крагельского” [3], позволяет кардинально усовершенствовать существующие и целенаправленно синтезировать принципиально новые, более конкурентоспособные технологии.

В дополнение к полученным результатам по комбинированному волочению с применением металлоплакирующих смазок, реализующих фундаментальный физический “эффект безызносности” [4], проведены аналогичные исследования метода комбинированного прошивания отверстий инструментом с регулярной микрогеометрией поверхности [5].

В качестве экспериментальных образцов-заготовок использовались втулки из латуни марки ЛС-59 с наружным диаметром 39 мм и высотой 40 мм. Предварительная обработка отверстий образцов-заготовок – растачивание с параметром шероховатости поверхности $Ra_3 < 1$ мкм.

В качестве экспериментального инструмента использовалась однозубая сборная прошивка с деформирующими элементами из быстрорежущей стали марки Р6М5. Диаметры деформирующих элементов по калибрующей ленточке были 20,13 мм и 20,2 мм, угол рабочего и обратного конусов 5° , ширина калибрующей ленточки 7 мм. Рабочие поверхности деформирующих элементов имеют регулярный микрорельеф в виде однозаходных винтовых канавок [1] радиусом 1,5 мм, шагом 0,5 мм и глубиной на участке калибрующей ленточки 8 мкм. Продольные профилограммы поверхностей деформирующих элементов представлены в работе [6].

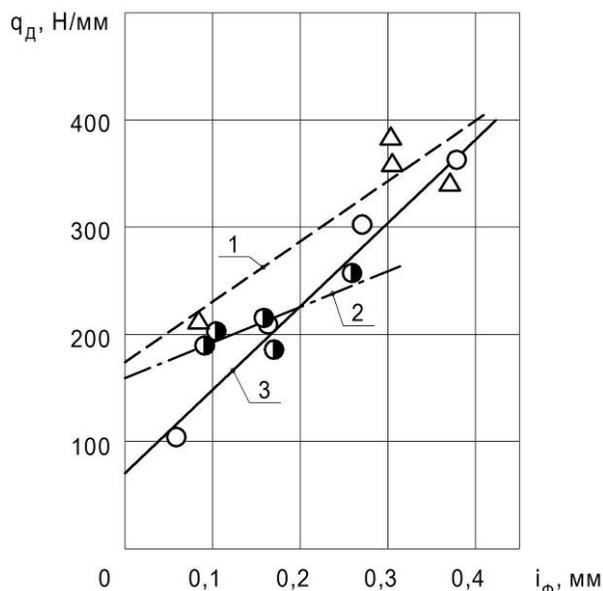
Обработка выполнялась на испытательно-разрывной машине со скоростью прошивания 0,05 м/мин.

В качестве технологической смазки использовалось индустриальное масло И-40 с добавкой металлоплакирующей наноприсадки “Валена”. Концентрация присадки “К” по объёму составляла соответственно 0%, 10% и 20%.

На рисунке 1 представлена зависимость удельного усилия прошивания [5] от фактического натяга деформирования i_ϕ и концентрации металлоплакирующей медесодержащей присадки “Валена”. Как следует из анализа данной зависимости, металлоплакирующая присадка “Валена” уменьшает усилие прошивания даже при обработке медных сплавов.

Аналитически графические зависимости можно представить в виде следующей системы линейных выражений, Н/мм:

$$\begin{cases} q_D(K = 0\%) = 176,97 + 569,53 \cdot i_\Phi; \\ q_D(K = 10\%) = 162,56 + 341,54 \cdot i_\Phi; \\ q_D(K = 20\%) = 66,05 + 802,1 \cdot i_\Phi. \end{cases} \quad (1)$$



**Рисунок 1 – Зависимость удельного усилия прошивания от фактического натяга деформирования и концентрации металлоплакирующей присадки “Валена”:
1 – K=0%, 2 – K=10%, 3 – K=20%**

По аналогии с работой [4] динамический эффект оценивали величиной относительного процентного уменьшения усилия обработки:

$$\Delta q_D = \frac{q_D(K = 0\%) - q_D(K \neq 0\%)}{q_D(K = 0\%)} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где: $q_D(K = 0\%)$ и $q_D(K \neq 0\%)$ – соответственно усилия обработки с равным натягом деформирования при отсутствии и наличии металлоплакирующей присадки “Валена”.

На рисунке 2а приведена зависимость параметра Δq_D от натяга деформирования и концентрации присадки, из анализа которой можно сделать следующие выводы: при применении металлоплакирующих смазок возможно существенное уменьшение усилия обработки; при фактическом натяге деформирования $i_\Phi < 0,209$ мм обработку целесообразно вести с концентрацией присадки 20%, а при $i_\Phi > 0,209$ мм оптимальная концентрация присадки 10%; при $K = 10\%$ по мере увеличения степени деформации i_Φ динамический эффект имеет тенденцию к росту.

Дополнительно, используя зависимость (рисунок 1), можно проанализировать изменение производительности обработки в виде относительного процентного увеличения натяга деформирования:

$$\Delta i_\Phi(K \neq 0\%) = \frac{i_\Phi(K \neq 0\%) - i_\Phi(K = 0\%)}{i_\Phi(K = 0\%)} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где: $i_\Phi(K=0\%)$ и $i_\Phi(K \neq 0\%)$ – соответственно натяги деформирования при равном усилии обработки, а также при отсутствии и наличии металлоплакирующей присадки “Валена”.

На рисунке 2б приведена зависимость параметра $\Delta i_\Phi(K \neq 0\%)$ от натяга деформирования при концентрации $K=0\%$, равного усилия обработки и концентрации металлоплакирующей присадки “Валена”.

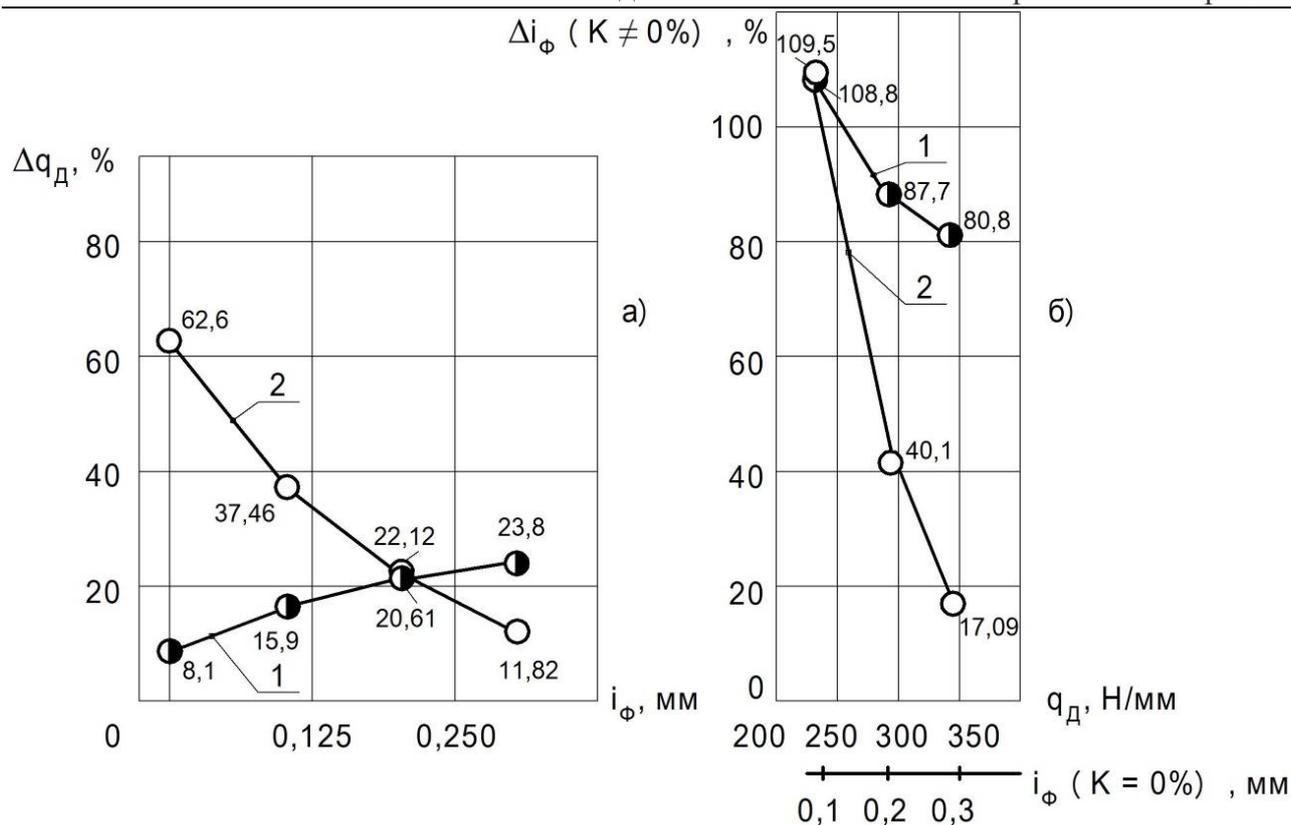


Рисунок 2 – Зависимости относительного процентного уменьшения удельного усилия обработки (а) и повышения производительности в виде увеличения степени деформации (б) от фактического натяга деформирования и концентрации металлоплакирующей присадки “Валена”: 1 – $K=10\%$, 2 – $K=20\%$

Анализ вышеуказанной зависимости показывает, что при концентрации $K=10\%$ в диапазоне натягов деформирования $i_\phi = 0,1-0,3$ мм производительность обработки может быть увеличена почти в 2 раза, что также является значимым результатом.

На рисунке 3 представлена зависимость коэффициента уточнения по параметру шероховатости обработанных отверстий:

$$K_Y(Ra) = \frac{Ra_3}{Ra_d}, \quad (4)$$

где: Ra_3 и Ra_d – соответственно параметр шероховатости поверхности отверстий после предварительного растачивания и окончательного прошивания, или условно образцов-заготовок и образцов-деталей. Предварительный анализ данной зависимости также свидетельствует об эффективности металлоплакирующей присадки “Валена”.

По аналогии с работой [4] усредним значения $K_Y(Ra)$ по соответствующей концентрации присадки “Валена” и диапазону натяга деформирования. В результате получим следующее: при $K=0\%$ среднее значение коэффициента уточнения по параметру шероховатости $\tilde{K}_Y(Ra) = 6,24$; при $K=10\%$ $\tilde{K}_Y(Ra) = 7,165$; при $K=20\%$ $\tilde{K}_Y(Ra) = 8,601$. Таким образом, при применении металлоплакирующей присадки “Валена” качество обработки по шероховатости поверхности может быть повышено в 1,37 раза, что также является существенным эффектом.

В результате измерения отверстия всех образцов-деталей в четырёх диаметральных и трёх высотных сечениях по методике [5] получена зависимость поля рассеяния диаметра от фактического натяга деформирования и концентрации металлоплакирующей присадки “Валена” (рисунок 4).

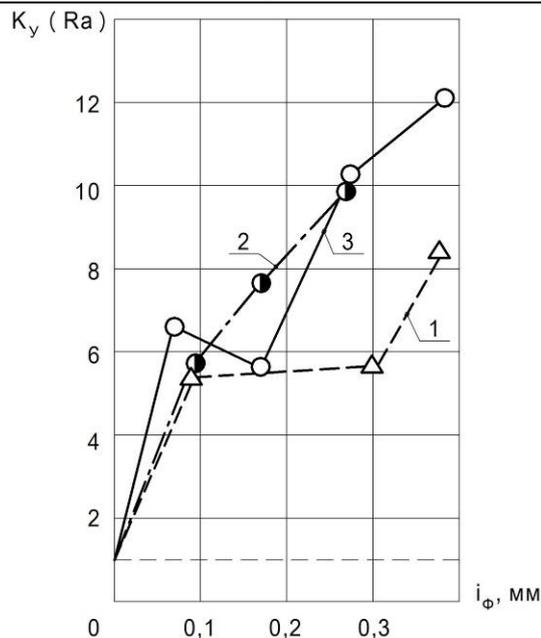


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента уточнения по параметру шероховатости поверхности отверстия образцов-деталей от фактического натяга деформирования и концентрации металлолакирующей присадки “Валена”:
1 – $K=0\%$, 2 – $K=10\%$, 3 – $K=20\%$

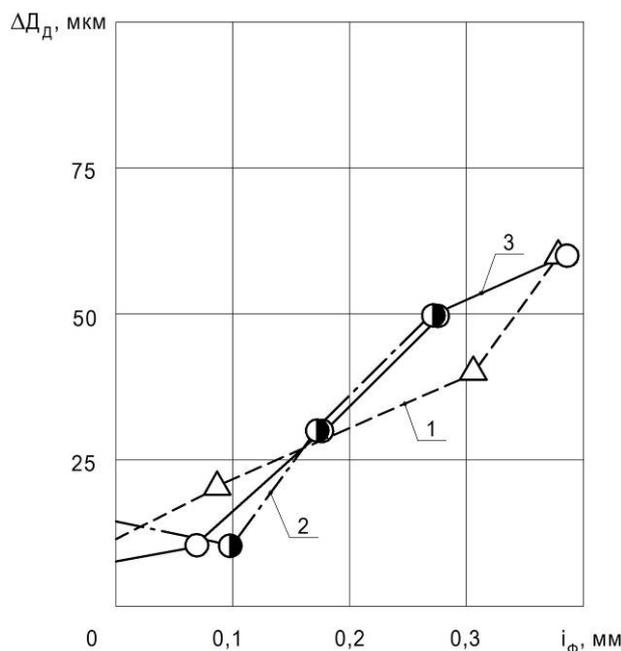


Рисунок 4 – Зависимость поля рассеивания диаметра отверстия образцов-деталей от фактического натяга деформирования и концентрации металлолакирующей присадки “Валена”: 1 – $K=0\%$, 2 – $K=10\%$, 3 – $K=20\%$

Анализ данной зависимости показывает, что при использовании металлолакирующей присадки в области натягов деформирования до 0,1 мм может быть получен эффект по размерной точности. Причём, как показывает анализ геометрической точности (рисунок 5), наибольшее влияние на размерную точность получаемых отверстий оказывает отклонение профиля продольного сечения (рисунок 5а), а не овальность (рисунок 5б). Увеличение отклонения профиля продольного сечения получаемых отверстий при увеличении степени де-

формации i_ϕ связан с действием на выходном торце образцов-заготовок реактивных сил трения с опорно-установочной поверхностью приспособления (рисунок 6).

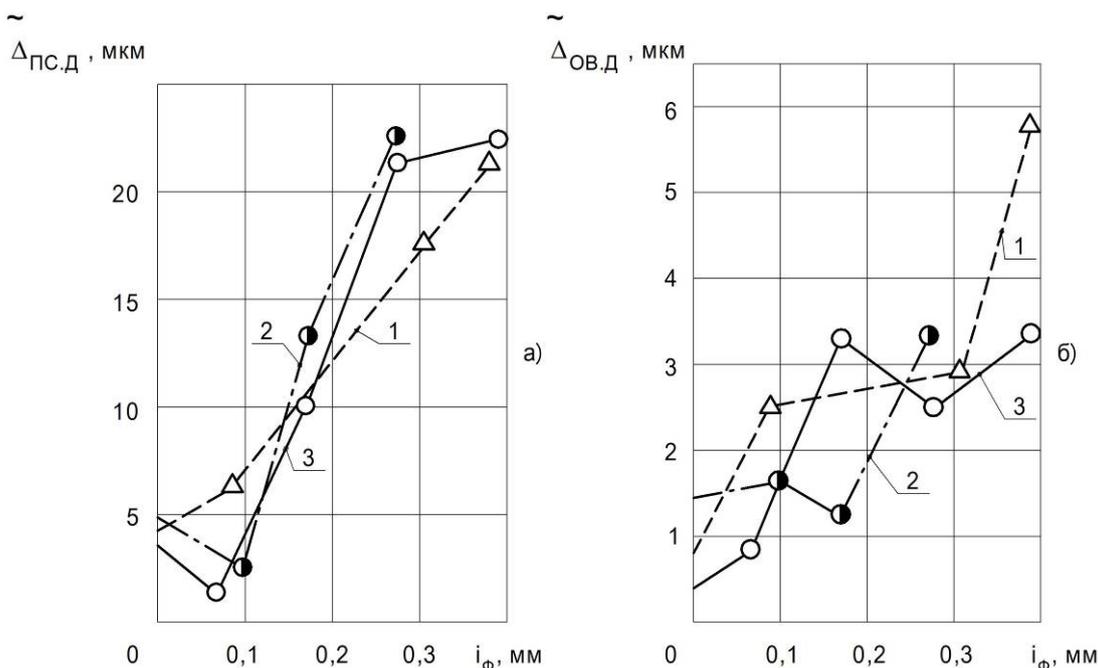


Рисунок 5 – Зависимость среднего отклонения профиля продольного сечения (а) и средней овальности (б) отверстия образцов-деталей от фактического натяга деформирования и концентрации металлоплакирующей присадки “Валена”:
1 – K=0%, 2 – K=10%, 3 – K=20%

Реактивные силы на выходном торце (сечение III) прямо пропорциональны усилию обработки (рисунок 1) и соответственно увеличивают в этой зоне радиальную жёсткость заготовки. При этом входной торец (сечение I) обладает меньшей радиальной жёсткостью, что и приводит к образованию ярко выраженной конусности образующей получаемых отверстий (рисунок 6).

Увеличение овальности отверстия образцов-деталей с увеличением степени деформации i_ϕ (рисунок 5б) связано с соответствующей несимметричностью очага деформации из-за винтового расположения выступов регулярного микрорельефа поверхности инструмента.

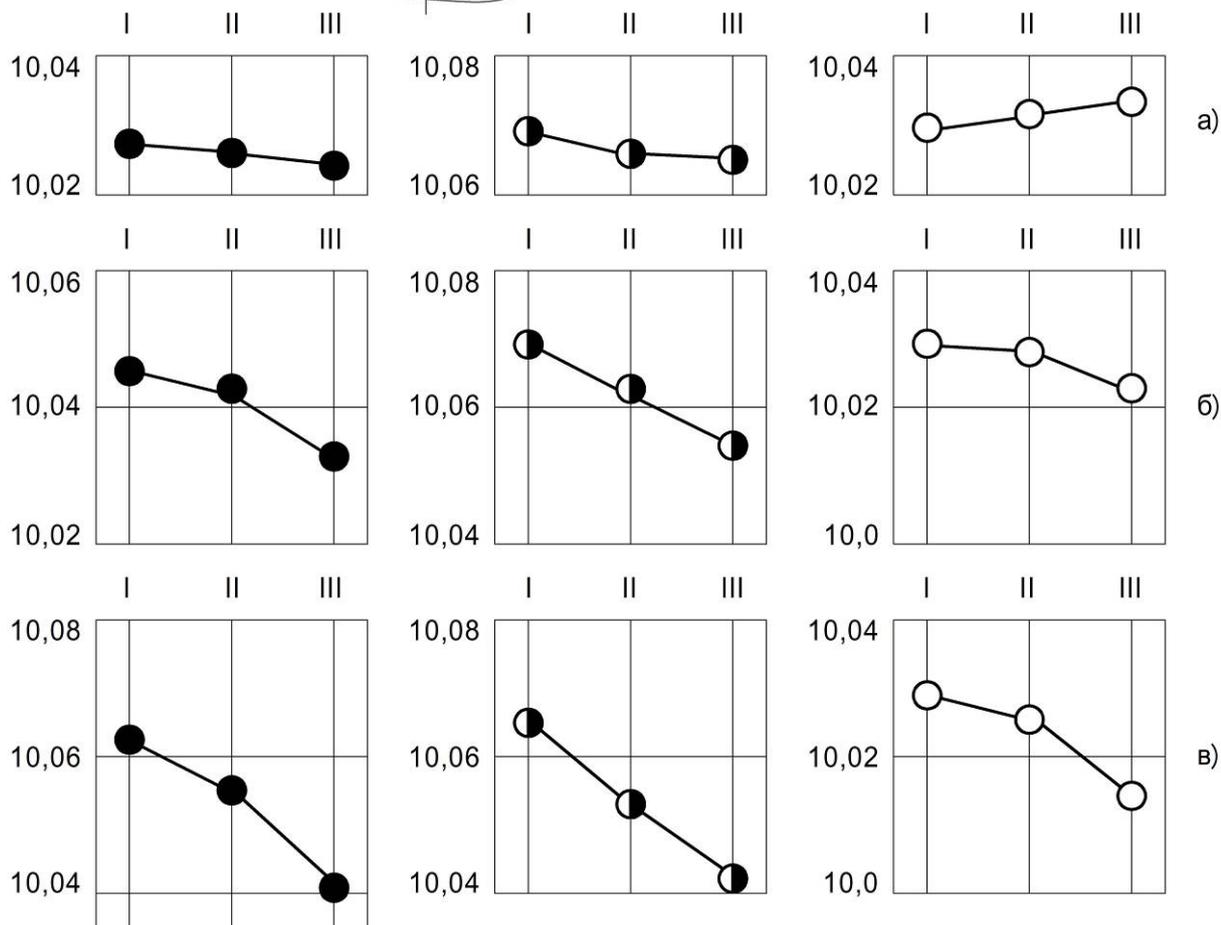
Таким образом, полученные результаты ещё раз убедительно подтверждают возможность кардинального совершенствования различных методов комбинированной обработки на основе реализации научного открытия – “эффекта безызносности Гаркунова-Крагельского” [3].

Литература

1. Щедрин А.В., Ульянов В.В., Чихачёва Н.Ю. и др. Трибология как фундаментальная основа системного проектирования конкурентоспособных технологических объектов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2009. № 4. с. 15-20.
2. Физические эффекты в машиностроении. Справочник / В.А. Лукьянец и др.; под общ. ред. В.А. Лукьянца. М.: Машиностроение. 1993.
3. Научное открытие, диплом № 41. Эффект избирательного переноса при трении (эффект безызносности) // Д.Н. Гаркунов, И.В. Крагельский // Открытия в СССР 1957-1967 гг. М.: ЦНИИПИ, 1968. с. 52-53.
4. Щедрин А.В., Гаркунов Д.Н., Мельников Э.Л., Гаврилюк В.С. и др. Повышение эффективности комбинированного волочения на основе применения металлоплакирующих смазок // Ремонт, восстановление, модернизация. 2010. № 5. с. 28-31.
5. Щедрин А.В., Ульянов В.В., и др. Повышение эффективности комбинированной обработ-

ки отверстий на основе регуляризации микрогеометрии поверхности рабочих элементов инструмента // Ремонт, восстановление, модернизация. 2009. № 6. с. 14-19.

6. Щедрин А.В. и др. Комплексная оценка эффективности метода комбинированного прошивания отверстий с противодавлением технологической смазки // Ремонт, восстановление, модернизация. 2008. № 2. с. 46-49.



● - K = 20%; ◐ - K = 10%; ○ - K = 0%. а) $i_\phi = 0,1$ мм; б) $i_\phi = 0,2$ мм; в) $i_\phi = 0,275$ мм.

Рисунок 6 – Характерные продольные профили отверстий образцов-деталей в зависимости от фактического натяга деформирования и концентрации металлоплакирующей присадки “Валена”