



Влияние условий резания на поверхность металлокерамики



Михаил КУЛИКОВ
Mikhail Yu. KULIKOV

Виталий ИНОЗЕМЦЕВ
Vitaly E. INOZEMTSEV



**Исследование поверхности
металлопорошковых материалов
и внутренних напряжений
в поверхностном слое после чистовой
токарной обработки. Влияние
воздействия режущего инструмента
из различных материалов
на поверхность металлокерамики.
Факторы структурных изменений.
Деформирующие процессы.**

Ключевые слова: транспортное машиностроение, подшипники скольжения, металлокерамика, бронзографит, железграфит, механическая обработка, структура материала.

*Куликов Михаил Юрьевич — доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).
Иноземцев Виталий Евгеньевич — аспирант кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» МИИТ.*

Применение металлокерамических спечённых антифрикционных материалов в транспортном машиностроении помогает поддерживать качество определённых узлов производимой техники и высокий уровень их работоспособности. Особенность этих материалов в том, что они сочетают в себе высокие эксплуатационные и конструкционные свойства, обладают повышенной пористостью. Отсюда их основное назначение — подшипники скольжения, которые благодаря длительному удержанию смазки в порах и эффекту самосмазывания способны достаточно долго сохранять требуемые от них технические характеристики.

Особое внимание при механической обработке металлокерамических спечённых материалов принято уделять формированию поверхностного слоя обрабатываемой заготовки, на что есть свои причины. В процессе исследования установлено, в частности, что механическая обработка прямо или косвенно приводит к существенному затягиванию пор и деформации поверхностного слоя металлокерамики.

I.

В процессе изучения изменений поверхностного слоя были рассмотрены состояния металлокерамики на примере бронзографита. Причем как до его механической обработки, так и после неё.

Как показали исследования, до процесса механической обработки поверхностный слой металлокерамики представляет собой пористую поверхность, имеющую неравномерное расположение пор. Параметры шероховатости при этом зависят от размеров пор, связанных с составом металлокерамики; условий спекания; усилий прессования; формы и размеров спекаемых частиц.

В ходе работы получены микроснимки поверхности бронзографита марки БрОГрЗН и железографита ЖГрЗ до процесса механической чистовой обработки (рис. 1, 2), а также рассматривалась структура поверхности после обработки. Состав бронзографита: графит — 2,2–3,5%; никель — 4,5–5,5%; олово — 6–9%; медь — остальная часть. Твёрдость материала составляет 25 НВ. Технические характеристики определяются требованиями ТУ 16–88 ИЛГТ. 713141.003 ТУ.

Проведенные исследования структуры поверхности бронзографитовых деталей после чистовой механической обработки инструментом из быстрорежущей стали Р6М5; твёрдого сплава Т5К10; керамики ОМТ20 и ВОК75; с алмазами, твёрдым сплавом с покрытием TiN (пластина DNMG150608 PC), абразивной мелкозернистой шкуркой 14А СФЖ У1 С (ГОСТ 13344–79) с зернистостью 100Н–М40 (размер зерна 28–40 мкм). Они показали значительные различия в изменении состояния структуры поверхностного слоя, в том числе касающиеся размеров, формы пор, их плотности. Кроме того, наблюдался разброс оценок в отношении шероховатости поверхности.

Как показали результаты экспериментов, в процессе резания бронзографита и железографита при всех способах механической обработки, различных её режимах происходит уменьшение размеров пор в той или иной степени.

Преобразования после механической обработки наблюдались не только на поверхности, но и в поверхностном слое

металлокерамических спечённых материалов. Они были представлены деформацией структуры и изменением размеров пор.

Затягивание пор происходит под воздействием режущей кромки инструмента и вследствие значительного влияния сил резания. В момент точения режущая кромка сминает, а затем срезает слой; при приближении зоны контакта «инструмент–заготовка» к порам происходит смятие срезаемого материала, который выходит из зоны резания за счёт пространства самой поры. В результате обработки кратер поры закрыт тонким слоем металла (рис. 3), толщина которого зависит от режущего инструмента, процентного соотношения количества металла в обрабатываемом материале, а также от режимов и условий обработки.

Наилучшие результаты были достигнуты при чистовой обработке образцов с помощью твёрдосплавной пластины с покрытием TiN (рис. 4). Оптимальному выбору частоты вращения соответствовало значение $N=1250$ об/мин. В ходе исследования установлено, что длина пор отвечала диапазону 30–95 мкм, ширина 25–60 мкм, при этом наблюдалась самая минимальная шероховатость поверхности — $Ra\ 0,406$.

При обработке железографита применение твёрдосплавной пластины с покрытием TiN также показало наилучшие результаты по сравнению с результатами обработки твёрдым сплавом Т5К10 без и с СОТС, а также резцом с алмазным концевиком. При сравнении чистовой обработки железографита резцом из твёрдого сплава Т5К10 (рис. 5) и твёрдосплавной пластины с покрытием TiN (рис. 6) установлено, что диапазон размеров пор существенно изменился. Длина пор после обработки твёрдым сплавом с покрытием TiN стала колебаться в пределах 110–400 мкм, ширина пор — 80–140 мкм, в то время как после обработки твёрдым сплавом Т5К10 аналогичные показатели были 40–350 мкм и в пределах 30–75 мкм.

Влияние материала режущего инструмента на изменение размеров пор при чистовой механической обработке бронзографита представлено на соответствующих гистограммах (рис. 7, 8).

Свойства пористых материалов [3] зависят от свойств исходных порошков





и технологического процесса их изготовления. Обычно используются металлические порошки как со сферической, так и несферической формой частиц с размерами от нескольких до тысячи микрометров. На данном этапе пористость определяется следующими параметрами: временем спекания; размером спекаемых изделий; конструкцией печи; величиной и формой частиц порошка; состоянием поверхности частиц; содержанием оксидов; технологией спекания (при свободной насыпке, с предварительным прессованием и т. д.).

Использование порообразователя [2] при прессовании и спекании обусловлено необходимостью увеличения пористости и облегчения процессов, в которых присутствуют труднопрессуемые порошки. Порообразователи представляют собой специальные наполнители, отвечающие таким требованиям, как отсутствие гигроскопичности; способность сохранять свои свойства при комнатной температуре, не вступать в химическое взаимодействие с металлическим порошком во время перемешивания и прессования, подвергаться разложению при температуре, меньшей температуры спекания. В качестве наполнителя применяют поливиниловый спирт, парафин, двууглекислый аммоний, четырёххлористый аммоний и другие вещества. Количество наполнителя чаще всего составляет от 3 до 10% массы металлического порошка.

Таким образом, характеристики будущего изделия из металлопорошковых спечённых материалов предопределяет совокупность целого ряда факторов, каждый из которых существен и сам по себе.

II.

Известно [2], что на эксплуатационные свойства спечённых антифрикционных материалов пористость оказывает не меньшее влияние, чем соотношение структурных составляющих — перлита и феррита, и величина, форма и расположение включений цементита. При этом поры в железографите, имеющие диаметры 0,5–1 мм, классифицируются как раковины, а поры, с высоким значением коэффициента неравномерности приводят к преждевременному износу деталей с наличием сколов и трещин, имеющих крупнозернистый и рыхлый излом.

Вместе с тем установлено [1], что изменение химического состава исходных компонентов на стадии прессования и спекания металлопорошковых пористых материалов оказывает влияние на изменение формы и размеров пор. То есть при введении в исходный порошок железа различных добавок, улучшающих свойства порошковых пористых материалов, происходит сглаживание рельефа пор в процессе спекания, а также повышается проницаемость металлокерамики.

С увеличением продолжительности выдержки при совмещении операций спекания и хромирования пористого железа наблюдается возрастание проницаемости. Увеличение продолжительности выдержки при неизменной, по сути, пористости способствует уменьшению относительного объёма пор среднего размера и соответственное увеличение объёма пор максимального размера. С учетом этого при хромировании пористого железа в течение пяти часов поры, размер которых составил около 10 мкм, снизили свое присутствие в относительном объёме с 57 до 17, а поры, размер которых был более 20 мкм, подняли свою долю в относительном объёме с 3 до 18%. При хромировании пористого железа в течение одного часа поры, размер которых около 10 мкм, уменьшили присутствие в относительном объёме с 57 до 43%, а поры с размером более 20 мкм его увеличили с 3 до 5%.

В результате экспериментов подтверждено, что режимы резания, применение СОТС и величина радиуса при вершине резца в процессе обработки металлопорошковых спечённых материалов оказывают существенное влияние на изменение размеров поверхностных пор. Увеличение радиуса при вершине резца способствует ухудшению процессов резания и возрастанию затягивания пор на обрабатываемой поверхности. То же и с выбором режимов. При точении бронзографита быстрорежущей сталью Р6М5 всухую и N 160 об/мин максимальная длина пор составила 150 мкм, при частоте вращения N 600 об/мин размер пор достигал 170 мкм, а с применением водорастворимой 3-процентной СОТС и N 160 об/мин — 220 мкм. В процессе шлифовальной обработки образцов из бронзографита зафиксировано обратное изменение размеров пор, когда менялась частота вращения заготовки: при

N 500 об/мин максимальная длина пор бронзографита была порядка 110 мкм, при N до 1000 об/мин наблюдалось уменьшение длины пор до 100 мкм.

Подобные изменения наблюдались и при точении другими материалами. Обработка антифрикционных втулок из бронзографита твёрдым сплавом T5K10 без применения СОТС с частотой вращения 800 и 1250 об/мин показала значительное сокращение размеров пор. Обработка с теми же режимами, но с использованием СОТС позволила уменьшить затягивание, шероховатость поверхности в обоих случаях оказалась очень заметной.

В процессе обработки — кроме радиуса при вершине резца, материала инструмента — на качество поверхности влияли и такие факторы, как подача и глубина резания. Для всех рассматриваемых вариантов были приняты одинаковые значения глубины резания t , соответствующие значению 0,75 мм; подача S была 0,05 мм/об, что помогло выявлению изменений качества поверхностного слоя только благодаря изменениям скоростных режимов обработки металлокерамики.

При точении бронзографита твёрдосплавной пластиной с покрытием TiN отмечено высокое качество поверхности, а также снижение затягивания пор. Тем не менее наблюдалось присутствие наплывов медной плёнки на кратеры пор, при этом практически отсутствовали хвостобразные разрывы кромок пор в зоне выхода режущей кромки пластины. Причем стали различимы мелкие поры.

Из всех рассмотренных вариантах обработки бронзографитовых втулок наилучшие показатели отмечены у твёрдосплавного режущего инструмента с покрытием TiN, поскольку он дает наименьшую деформацию пор в процессе точения по сравнению с другими материалами резцов. Именно в данном случае форма и состояние пор оказываются наиболее приближёнными к их характеристикам до чистовой механической обработки.

Необходимо отметить, что на изменение формы пор влияет величина остаточных напряжений в поверхностном слое. По ходу механических операций идёт накопление внутренних напряжений в обрабатываемом образце, направленных от точки контакта режущего инструмента с заготовкой вглубь материала. В резуль-

тате появляется наклёп в поверхностных слоях. Наиболее выраженный характер такой деформации наблюдался при точении бронзографита, это объясняется тем, что его способность сопротивляться пластической деформации существенно ниже, чем у железографита.

При чистовой обработке бронзографита резцом со сменной твёрдосплавной пластиной с покрытием TiN получено наилучшее соотношение показателей чистоты поверхности и плотности пор. Обработка исследуемого образца при N 800 об/мин дала возможность получить пористость около 23%, в то время как при 1000 об/мин — 23,14%. Эти значения близки к плотности пор до механического воздействия — 25%. Соответственно шероховатость поверхности составила Ra 0,4, а была 1,6.

III.

Из результатов экспериментов, если подводить итоги, следует:

1) В процессе механической обработки металлокерамических спечённых материалов происходят значительные преобразования структуры поверхностного слоя, способствующие изменению его свойств (в том числе, изменяются размеры, форма пор и уменьшается их плотность). В дальнейшем это отрицательно сказывается в той или иной степени на возможности самосмазывания узлов трения за счёт удержания масла пористыми антифрикционными втулками.

2) Важнейшие факторы, оказывающие влияние на затягивание пор, изменение их размеров и формы, а также плотности, это:

- материал режущего инструмента при обработке;
- способность обрабатываемого материала противостоять деформации;
- процентное содержание металла в составе металлокерамики;
- режимы резания, обоснованные условиями взаимодействия разных материалов;
- применение СОТС, необходимость адаптации к техническим условиям резания тем или иным материалом;
- величина радиуса вершины режущего инструмента, влияющая на характер его контакта с заготовкой.



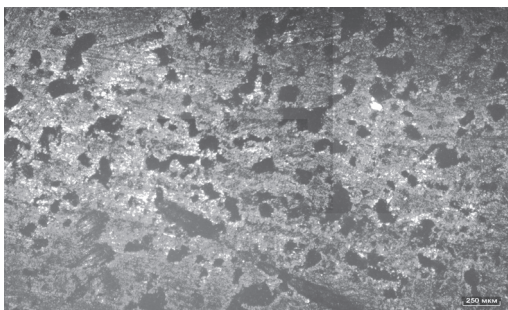


Рис. 1. Поверхность заготовки из бронзографита БрОГрЗН (x50) до механической обработки.

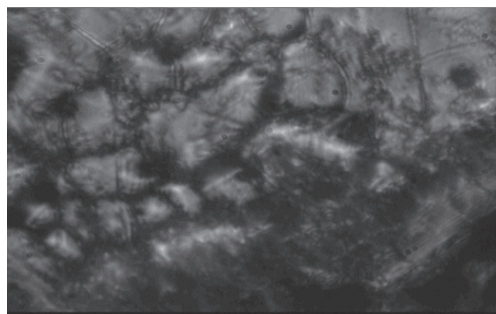


Рис. 2. Поверхность заготовки из железографита ЖГрЗ (x230) до механической обработки.

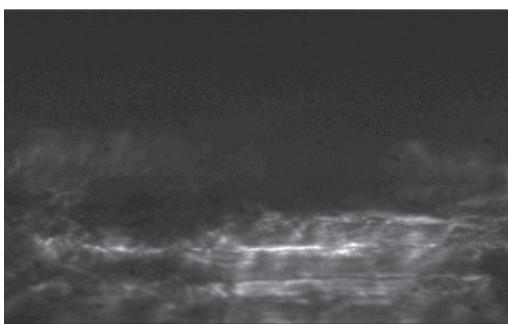


Рис. 3. Затянутые поры на обработанной поверхности бронзографита (x230).

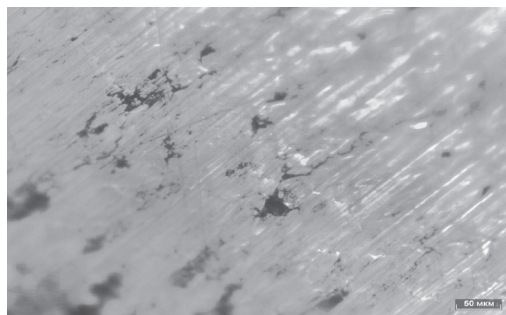


Рис. 4. Поверхность из бронзографита, обработанная твёрдым сплавом с покрытием TiN (x200).

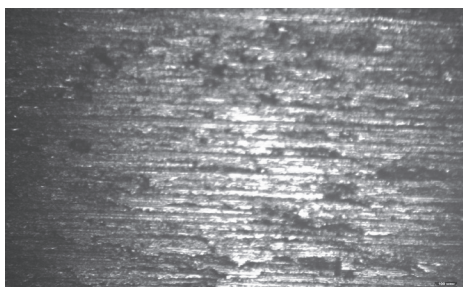
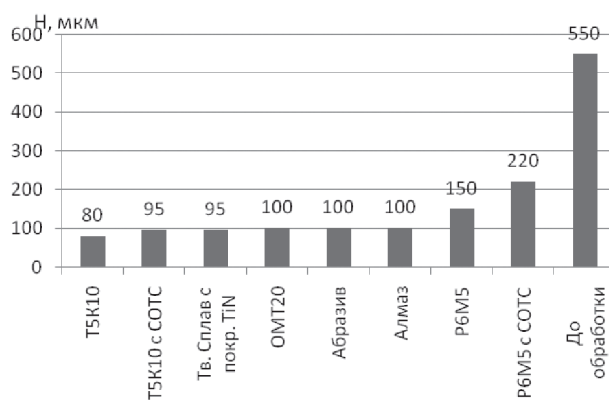


Рис. 5. Поверхность из железографита, обработанная твёрдым сплавом T5K10 (x200).



Рис. 6. Поверхность из железографита, обработанная твёрдым сплавом с покрытием TiN (x200).

Рис. 7. Влияние материала режущего инструмента на максимальное изменение длины пор при чистовой механической обработке.



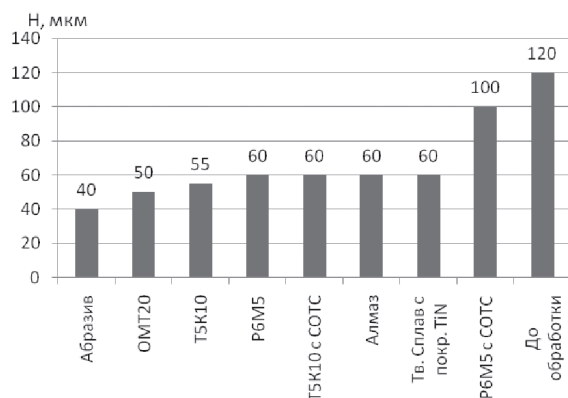


Рис. 8. Влияние материала режущего инструмента на максимальное изменение ширины пор при чистовой механической обработке.

3) На изменение формы пор влияет степень деформации поверхностного слоя, наличие которой подтверждается появлением остаточных напряжений сжатия.

4) При токарной обработке на низких скоростях влияние деформации и значений остаточных напряжений выше, чем при высоких скоростях.

5) Применение СОТС способствует увеличению остаточных напряжений сжатия в поверхностном слое обрабатываемых деталей, что объясняется повышением деформации структуры поверхностного слоя.

6) Использование абразива и шлифовальной шкурки приводит, по сути, к полному затягиванию пор на поверхности, исключая ее дальнейшую пригодность. Те же поры, которые полностью не затянулись, приобретают вытянутую форму, то есть наблюдается значительное преобладание сокращения ширины над сокращением длины пор.

7) Шлифовальная обработка приводит к значительному падению плотности пор. Происходит процесс полного замазывания мелких пор, крупные же претерпевают значительное сокращение размеров.

8) Применение твёрдосплавного инструмента с покрытием нитрида титана позволяет получить поверхность с минимальным затягиванием пор и относительно высоким качеством поверхности, способствует минимизации изменения формы пор и структуры материала после обработки по сравнению с другими рассматриваемыми вариантами режущего инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Витязь П. А., Капцевич В. М., Шелег В. К. Пористые порошковые материалы и изделия из них. — Минск: Высшая школа, 1987.
2. Анциферов В. Н., Черепанова Т. Г. Спечённые антифрикционные материалы на основе железа. — Пермь, 1977.
3. Зарипов Н. Г. Технологические основы порошковой металлургии. — Уфа: УГАТУ. 2003. ●

IMPACT OF CUTTING CONDITIONS ON METAL CERAMICS SURFACE

Kulikov, Mikhail Yu. – D.Sc. (Tech), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

Inozemtsev, Vitaly E. – Ph. D. student at the department of technology of transport engineering works and rolling stock repairs of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

The authors study the surface of metal powder materials and internal tensions in surface layer after finishing lathing, impact of cutting tools made of different materials on the metal ceramics' surface after finishing process, factors of structural changes and deformation processes.

Key words: transport engineering works, plain bearing, metal ceramics, bronze graphite, graphite iron, mechanical treatment, material structure.

Координаты авторов (contact information): Куликов М. Ю. – muk.56@mail.ru, Иноземцев В. Е. – vitalin-85@mail.ru.

