

УДК 621.91.01

Обработка прерывистой поверхности отбеленных высоколегированных чугунов инструментом из сверхтвердых материалов

В.Н. Шульга¹

¹ Сумский государственный университет, ул. Римского-Корсакова, 2, 40007 Сумы, Украина

Article info:

Paper received: 27 October 2016
The final version of the paper received: 29 October 2016
Paper accepted online: 11 December 2016

Correspondent Author's Address:

¹ viktor.shulga.1994@mail.ru

Несмотря на достаточно большое количество исследований по использованию инструментов из сверхтвердых материалов, вопросы регламентации рациональной области их применения и расчета оптимальных режимов резания для обработки износостойких чугунов остаются мало исследуемыми. Целью работы является выявление режимов резания, марок инструментальных материалов и геометрии инструментов для обработки деталей из отбеленных высоколегированных чугуна. Методами исследования в данной работе был выполнен обзор научно-технической литературы, анализ собранной информации и ее сравнение. В результате работы установлено, что для обработки отбеленных чугунов используют резцы с пластинами RNMN070300S-LF с верхним слоем из киборита и пластиной RNMN070300F из борсинита. Обработку проводят с такими режимами: глубина резания $t = 0,5$ мм, подача $S = 0,15-0,25$ мм/об., скорость резания $V = 40-100$ м/мин. Скорость резания влияет на ресурс режущих пластин по-разному. При обработке ресурс пластины RNMN070300S-LF увеличивается до достижения скорости резания $V = 97$ м/мин., при которой стойкость режущей пластины максимальна. Ресурс пластин RNMN070300F увеличивается до достижения скорости резания $V = 55$ м/мин., при которой стойкость максимальна. При превышении скоростью резания предельных значений стойкость режущих пластин снижается.

Ключевые слова: Механическая обработка, Борсинит, Режим резания, Стойкость, Ресурс инструмента, Инструментальные материалы, Эффективность.

Введение

В связи с появлением новых марок высоколегированных чугунов возникла необходимость в проведении опытов, направленных на выбор инструментального материала и режимов резания для повышения эффективности обработки, что приведет к снижению себестоимости детали и увеличит прибыль от их реализации.

Совершенствование технологий механической обработки чугунов связано с повышением производительности за счет увеличения скорости резания и подачи, а так же снижения стоимости обработки, что, в свою очередь, обусловлено созданием новых режущих инструментов в результате применения высокоэффективных инструментальных композитов, таких как сверхтвердые материалы на основе кубических нитрида бора (cBN) [9].

Промышленность заинтересована в фундаментальному пониманию возникновения процессов износа режущего инструмента на основе cBN при обработке чугунов. Хотя эти взаимодействия являются чрезвычайно сложными и их понимание очень проблематично, оно может помочь в повышении эффективности обработки резанием износостойких чугунов.

Для решения вопроса долговечности поверхностей трения необходимы корректные физические и расчетные модели износа, основанные на результатах теоретических и экспериментальных исследованиях кинетики повреждаемости и разрушения поверхностного слоя [4].

Целью работы является выявление режимов резания, марок инструментальных материалов и геометрии инструментов для обработки деталей из отбеленных высоколегированных чугуна.

Анализ исследований в области обработки отбеленных высоколегированных чугунов

В связи с развитием машиностроения возник вопрос о широком применении высоколегированных сталей. Но высокая стоимость не позволяет в полной мере это осуществить, что привело к созданию новых конструкционных материалов таких как высоколегированные отбеленные чугуны. Этот материал применяется как заменитель дорогих высоколегированных сталей. Он характеризуется такими качествами как износостойкость, прочность, сопротивление к коррозии, твердость (450–850 НВ) [11]. Основными легирующими элементами используемыми в легировании высоколегированных чугунов являются никель, хром, молибден, медь и ванадий [14]. Возникает вопрос в эффективной обработке этих материалов. Обработка чугуна приводит к абразивному износу инструмента в связи с наличием в литых раковинах остаточного формовочного материала (кварцевого песка) [10].

Большой вклад в развитие обработки высоколегированных чугунов внесли исследования Т. А. Шумакова, В. В. Трухина, Н. В. Новикова, С. А. Клименко и др.

В работе [1] канд. техн. наук, доц. Восточно-украинского национального университет им. В. Даля Т. А. Шумаковым исследовано влияние на производительность процесса механической обработки деталей из отбеленных высоколегированных чугунов материала сменных пластин резцов.

При проведении экспериментальных исследований в качестве режущего инструмента на черновой вальцетокарной операции были использованы два вида инструментов:

- резцы с напайными пластинами из ВКЗМ 01491 (40×18×10 мм) ГОСТ 25395-90 с длиной режущей кромки 40 мм;
- резцы с механическим креплением круглой двухсторонней пластины из гексанида Ø20 мм, выпускаемые компанией «ИнтерВИТ» (г. Киев).

В качестве обрабатываемых заготовок были выбраны литые центробежные валки с твердостью обрабатываемых поверхностей в пределах HSD 74–80 единиц.

Целью данной работы является выявление влияния материала сменных пластин токарных резцов на производительность процесса механической обработки деталей выполненных из отбеленных высоколегированных чугунов.

В работе применялись режимы резания $V = 4,5\text{--}27\text{ м/мин.}$, $S = 0,6\text{--}3\text{ мм/об.}$, $t = 2,5\text{ мм.}$

Сравнив результаты экспериментальных исследований, направленных на определение влияния режимов резания на стойкость резцов с традиционными пластинами из ВКЗМ и новыми исследуемыми пластинами из гексанида следует отметить, что сплав ВКЗМ наиболее производителен на малых скоростях резания ($V = 4,5\text{--}6\text{ м/мин}$) и высоких продольных подачах ($S = 2\text{--}3\text{ мм/об.}$). При этом для пластин из гексанида обратный эффект – высокие скорости резания ($V = 23\text{--}27\text{ м/мин}$) и малые продольные подачи ($S = 0,6\text{--}0,8\text{ мм/об.}$).

В работах [5, 7] В. В. Трухина проводились исследования по износу твердосплавного инструмента при обработке износостойкого чугуна марок ЧХ20Р с твердостью HRC 56 и ИЧХ12ГЗМ с твердостью HRC 33.

При обработке применялся твердосплавный инструмент ВК6М с режимами резания: $t = 2\text{ мм}$, подача $S = 0,15\text{--}0,6\text{ мм/об.}$, скорость резания $V = 17\text{--}70\text{ м/мин}$. Результаты исследования показали, что интенсивность относительного износа инструмента с увеличением скорости резания носит экстремальный характер. Минимальный износ инструмента $h_z = 0,2\text{ мм}$, следовательно его максимальна стойкость наблюдается при скорости резания $V = 45\text{ м/мин}$ и температуре 730°C . Это объясняется появлением оксидных пленок, препятствующих охватыванию контактных поверхностей и интенсивности адгезионного и абразивного износа. Однако при обработке пластинами с КНБ оксидные покрытия оказывают двойственное влияние на износ. При скорости резания чугуна не превышающей 150 м/мин ослабляет интенсивность процесса изнашивания, при более высокой (вплоть до 550 м/мин) – усиливает, причем в различной степени в зависимости от состава покрытия [8].

Институтом сверхтвердых материалов им. Бакуля разработана гамма инструментальных поликристаллических материалов на основе кубического нитрида бора (борсенит и киборит).

Институт провел ряд исследований по обработке труднообрабатываемых материалов инструментом собственного производства.

В работе [2] д-ра технических наук С. А. Клименка «Создание и применение инструментальной керамики на основе сверхтвердых структурированных композитов» выполнено исследование по обработке различных труднообрабатываемых материалов в том числе и отбеленного чугуна. Обрабатывались прокатные валки с твердостью 2350–6200 МПа (37–85 НS). Был специально разработан резец из ПКНБ с механическим креплением пластины. Обработку

проводили с режимами: скорость резания 1,2 м/с; подача 0,2 мм/об; глубина резания 1,5 мм. При работе с указанными режимами инструмент с СМНП из ПКНБ позволяет обрабатывать валки как по бочке, так и по ручьям со следующими режимами резания: $V = 1,2$ м/с на черновых проходах и 1,4 м/с на чистовых; $S = 0,2$ мм/об, $t = 1,5$ мм на черновых и 0,2 мм на чистовых проходах. При таких режимах период стойкости пластин максимальная и составляет 125 мин.

В работе [3] д-ра технических наук Н. В. Новикова «Контактное взаимодействие резцов, оснащенных кубическим нитридом бора, с обрабатываемым материалом при точении износостойкого чугуна» выполнено исследование влияние нароста обрабатываемого материала на контактных поверхностях инструмента на эффективность процесса обработки.

В качестве режущей пластинки использовался поликристаллический кубический нитрид бора марки киборит, который изготовлен непосредственно в институте. Выполнялась токарная обработка износостойкого чугуна марки ИЧХ-28Н2 твердостью 45–48 HRC. Обработка проводилась на токарно-винторезном станке модели 1М65 резцом с механическим креплением круглой пластинки $\varnothing 7$ мм. Углы резания формировались за счет установки пластины в корпус и составляли 7° и -10° (передний и задний соответственно). Исследование нароста на пластине выполнялись на электронном микроскопе. В процессе эксперимента использовали державку 32x25 мм и 25x16 мм. Выполняли точение, расточку и подрезание торцов. Средняя скорость резания $V = 45$ м/мин, подача $S = 0,2$ мм/об, глубина резания $t = 1,5-2,5$ мм.

В результате эксперимента были установлены незначительные следы обрабатываемого материала на протяжении всего периода стойкости инструмента, который составляет 25–30 мин. при обработке с прерывистым точением (на удар). При точении при больших вибрациях детали на передней поверхности пластинки образуется плотный слой налипшего материала, снижающего эффективность обработки.

В работе [6] производится сравнение двух инструментальных материалов гексанит-Р и твердого сплава при обработке высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ). Было установлено, что шероховатость поверхности $Ra = 0,15-0,8$ мкм при обработке инструментом с гексанит-Р. Стойкость резцов из гексанита-Р на оптимальных режимах в среднем в 7 раз вы-

ше, чем при обработке твердосплавным инструментом, составляя 90–250 мин и 10–40 мин соответственно. Это доказывает, что инструмент на основе кубического нитрида бора наиболее экономически оправдан для обработки чугуна.

Особенностью износа резцов с ПКНБ, отмечаемой многими исследователями, является образование двух очагов повышенного износа на границах контакта режущих кромок со снимаемым припуском. Первый образуется на границе контакта главной режущей кромки с поверхностью обрабатываемой заготовки, второй – на границе контакта с обработанной поверхностью со стороны вспомогательной режущей кромки, т. е. с выступом формируемой неровности [15].

Применении СОТС при обработке твердосплавным инструментом из-за перепадов температур происходит разрушение поверхности пластинки, выкрашивание и сколы. Обеспечивается очень незначительный период стойкости режущего инструмента [13].

Подтверждением такой природы повышенного износа на границах режущих кромок является малая эффективность применения СОТС в процессе резания инструментом из ПКНБ, если эти среды не снижают химическое взаимодействие инструментального и обрабатываемого материалов. Также для уменьшения износа пластин из ПКНБ применяются износостойкие покрытия ВНам [12].

ВЫВОДЫ

Во время обзора литературы было выявлено, что дальнейшие эксперименты обработки деталей с отбеленных высоколегированных чугунов целесообразно проводить с использованием пластин с борсинита с укрепляющей фаской $0,1x20^\circ$ с режимами в диапазоне: глубина резания $t = 0,5$ мм, подача $S = 0,15-0,25$ мм/об, скорость резания $V = 40-100$ м / мин; геометрия в пределах $\gamma = -7^\circ \dots -10^\circ$, $\alpha = 7^\circ \dots 10^\circ$. Худший результат показали пластинки из киборита, для которых оптимальная скорость резания $V = 45$ м/мин. При данных режимах отслеживается максимальная стойкость инструмента (125 мин). Процесс изнашивания инструментов из КНБ происходит из-за абразивного и адгезионного влияния, так как структура материала неоднородная. Так же на устойчивость пластинок влияет подача S . При увеличении подачи до 0,25 мм/об ресурс пластин остается постоянным, а при последующем увеличении начинает снижаться. При увеличении скорости выше

97 м/мин ресурс пластины снижается. Наличие-упрочняющей фаски в конструкции пластины из

борсинита значительно увеличивает стойкость к ударам и, соответственно, ее ресурс.

Processing intermittent surface bleached low iron tool with superhard materials

V. N. Shulga¹

¹ *Sumy State University, 2, Rimsky Korsakov Str., 40007, Sumy, Ukraine*

Despite the fairly large number of studies on the use of tools of superhard materials, questions the rational regulation of their application and calculation of the optimum cutting conditions for the processing of wear-resistant cast iron are little studied. The aim is to identify modes of cutting tool materials grades and geometry tools for machining of high-bleached pig iron. Methods in research in this paper was carried out a review of scientific - technical literature, an analysis of the information collected, and its comparison. The result was that for the processing of chilled cast iron plates to use cutters RNMN070300S-LF with the upper layer and the plate RNMN070300F Kibora with borsinita. The treatment is carried out with such regimes: depth of cut $t = 0.5$ mm, feed $S = 0,15-0,25$ mm/rev., cutting speed $V = 40-100$ m / min. Cutting speed affects the life of the cutting inserts in different ways. When processing resource plate RNMN070300S-LF increases to achieve a cutting speed $V = 97$ m/min., at which the high resistance of the cutting insert. Resource RNMN070300F plates increases until the cutting speed $V = 55$ m/min., at which the resistance is high. When the cutting speed V is upper the limit value, reduced resistance inserts.

Keywords: Machining, Borsin, Cutting mode, Stability, Tool life, Tool materials, Efficiency.

Обработка перерывчатой поверхности відбілених високолегованих чавунів інструментом з надтвердих матеріалів

В. М. Шульга¹

¹ *Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова, 2, 40007, Суми, Україна*

Незважаючи на досить велику кількість досліджень по використанню інструментів з надтвердих матеріалів, питання регламентації раціональної області їх застосування та розрахунку оптимальних режимів різання для обробки зносостійких чавунів залишаються мало досліджуваними. Метою роботи є виявлення режимів різання, марок інструментальних матеріалів і геометрії інструментів для обробки деталей з відбілених високолегованих чавунів. Методами дослідження в даній роботі був виконаний огляд науково-технічної літератури, аналіз зібраної інформації і її порівняння. В результаті роботи було виявлено, що для обробки відбілених чавунів використовують різці з пластинами RNMN070300S-LF з верхнім шаром кіборіт і пластиною RNMN070300F з борсиніта. Обробку проводять з такими режимами: глибина різання $t = 0,5$ мм, подача $S = 0,15-0,25$ мм/об., швидкість різання $V = 40-100$ м/хв. Швидкість різання впливає на ресурс ріжучих пластин по-різному. При обробці ресурс пластины RNMN070300S-LF збільшується до досягнення швидкості різання $V = 97$ м/хв., при якій стійкість ріжучої пластины висока. Ресурс пластин RNMN070300F збільшується до досягнення швидкості різання $V = 55$ м/хв., при якій стійкість висока. При перевищенні швидкістю різання V граничних значень, стійкість різальних пластин знижується.

Ключові слова: Механічна обробка, Борсиніт, Режим різання, Стійкість, Ресурс інструменту, Інструментальні матеріали, Ефективність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шумакова Т. А. Повышения производительности механической обработки деталей из отбеленных высоколегированных чугунов / Т.А. Шумакова // Технологии и оборудование производства. — 2015. — № 11. — С. 108–115.
2. Клименко С. А. Создание и применение инструментальной керамики на основе сверхтвердых структурированных композитов / С. А. Клименко, И. А. Пертуша, А. С. Осипов и др. // Процессы механической обработки в машиностроении. — 2012. — № 12, — С. 127–137.
3. Новиков Н. В. Контактное взаимодействие резцов, оснащенных КНБ, с обрабатываемым материалом при точении износостойкого чугуна / Н. В. Новиков, А. Н. Ващенко, А. С. Мановицкий // Процессы механической обработки в машиностроении — 2007. — № 5, — С. 118–124.
4. Трухин В. В. Исследование износа режущего инструмента / В. В. Трухин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. —

2007. – № 2. – С. 103–105.
5. Трухин В. В. Особенности износа твердосплавного инструмента при обработке износостойких чугунов / В. В. Трухин, С. В. Лещина // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2008. – № 1. – С. 50–52.
 6. Пуяткина Л. И. Обеспечение качественных параметров поверхностного слоя в процессе комплексной механической обработки деталей из высокопрочного чугуна / Л. И. Пуяткина, Л. А. Тимофеева, Н. А. Лалазарова // Вестник ХНАДУ. – 2006. – № 33. – С. 100–103.
 7. Трухин В. В. Исследования зависимости обрабатываемости от твердости и микротвердости износостойких чугунов / В. В. Трухин, Л. П. Короткова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2003. – № 2. – С. 42–44.
 8. Тимофеева Л. А. Повышение износостойкости режущих инструментов для обработки железистых сплавов / Л. А. Тимофеева, А. Л. Комарова // Сборник научных работ УкрДАЗТ. – 2014. – Вып. 145. – С. 143–149.
 9. Коган Б. И. Прогрессивные режущие материалы для токарной обработки восстанавливаемых поверхностей деталей машин / Б. И. Коган // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 1. – С. 58–64.
 10. Федотьев А. Н. Пути повышения обрабатываемости высокохромистых белых чугунов / А. Н. Фе-

дотьев, Л. П. Федотьева // Научный вестник ДГМА. – 2013. – № 1. – С. 122–129.

11. Mustafa Günay. Application of Taguchi method for determining optimum surface roughness in turning of high-alloy white cast iron / Mustafa Günay, Emre Yücel // Measurement. – 2013. – № 46. – P. 913–919.
12. Ezugwu E. O. Surface abuse when machining cast iron (G-17) and nickel-base superalloy (Inconel 718) with ceramic tools / E.O. Ezugwu, S.H. Tang // ELSEVIER Journal of Materials Processing Technology. – 1995. – №55. – P. 63–69.
13. Ghani A. K. Study of tool life, surface roughness and vibration in machining nodular cast iron with ceramic tool / A. K. Ghani, I. A. Choudhury // Journal of Materials Processing Technology. – 2002. – № 127. – P. 17–22.
14. Ling Chen. Performance assessment of pCBN and bCBN tools in machining of high-chromium white cast iron / Ling Chen, Jinming Zhou, Volodymyr Bushlya et. al. // Division of Production and Materials Engineering. – 2015. – № 27. – P. 18–28.
15. Yunhai Jia. Technics Study on PcBN Cutting Tool Dry Turning Chilled Cast Iron / Yunhai Jia, Zhiqun Ye, Haizhu Wang, Huawei Jing // Materials Processing Technology. – 2012. – Vol. 418–420. – P. 1342-1345.

REFERENCES

1. Shumakova, T. A. (2015). Povyisheniya proizvoditelnosti mehanicheskoy obrabotki detaley iz otbelennykh vyisokolegirovannykh chugunov [Increase productivity machining of high-bleached irons]. *Tehnologii i oborudovanie proizvodstva – Technology and equipment manufacturing*, 11, 108 – 115 [in Russian].
2. Klimentenko, S.A., Pertusha I.A., Osipov, A. S. et. al. (2012). Sozdanie i primeneniye instrumentalnoy keramiki na osnove sverhtverdykh strukturirovannykh kompozitov [Creation and application of tool-based ceramics superhard structured composites]. *Protsessyi mehanicheskoy obrabotki v mashinostoroenii – Machining processes in mechanical*, 12, 127–137 [in Russian].
3. Novikov, N. V., Vaschenko, A. N., Manovitskiy, A. S. (2007). Kontaktnoye vzaimodeystvie reztsov, osnachennykh KNB, s obrabatyvayaemyim materialom pri tochenii iznosostoykogo chuguna [Contact interaction cutters equipped with the NSC, with the material being processed in turning wear resistant cast iron]. *Protsessyi mehanicheskoy obrabotki v mashinostoroenii – Machining processes in mechanical*, 5, 118–124 [in Russian].

4. Truhin, V. V. (2007). Issledovanie iznosa rezhushego instrumenta [Examination of wear of the cutting tool]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta – Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 2, 103–105 [in Russian].
5. Truhin, V. V., Lashchina, S. V. (2008). Osobennosti iznosa tverdospavnogo instrumenta pri obrabotke iznosostoykikh chugunov [Features wear carbide tools in the processing of wear-resistant cast iron]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta – Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 1, 50–52 [in Russian].
6. Putyatina, L. I., Timofeeva, L. I., Lalazarova, N. A. (2006). Obespechenie kachestvennykh parametrov poverhnostnogo sloya v protsesse kompleksnoy mehanicheskoy obrabotki detaley iz vyisokoprochnogo chuguna [Provision of qualitative parameters of the surface layer in the complex machining of ductile cast iron] *Vestnik HNADU – Bulletin HNADU* 2006, 33, 100–103 [in Russian].
7. Truhin, V. V. (2003). Issledovaniya zavisimosti obrabatyvayaemosti ot tverdsti i mikrotverdsti iznosostoykikh chugunov [Research workability depending on the hardness and micro-hardness wear-resistant cast iron]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta – Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 2, 42–44 [in Russian].
8. Timofeeva, L. A., Komarova, A. L. (2014). Povyisheniye iznosostoykosti rezhuschih instrumentov dlya

- obrabotki zhelezouglerodistyih splavov [Improved wear resistance of cutting tools for machining of iron-carbon alloys]. Zbornik nauchnyih rabot UkrDAZT – Collection of scientific works UkrDAZT, 145, 143–149 [in Russian].
9. Kogan, B. I. (2013). Progressivnyie rezhushchie materialy dlya tokarnoy obrabotki vosstanavlivaemyih poverhnostey detaley mashin [Progressive cutting materials for turning restored surfaces of machine parts]. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Collection of scientific works UkrDAZT, 1, 58–64 [in Russian].
 10. Fedotev, A. N., Fedoteva, L. P. (2013). Puti povysheniya obrabatyivaemosti vyisokhromistyih belyih chugunov [Ways to improve the machinability of high-chromium white irons]. Nauchnyiy vestnik DGMA – Scientific Bulletin DGMA, 1, 122–129 [in Russian].
 11. Mustafa Günay, Emre Yücel. (2013). Application of Taguchi method for determining optimum surface roughness in turning of high-alloy white cast iron. Measurement, 46, 913–919.
 12. Ezugwu, E. O., Tang, S. H. (1995). Surface abuse when machining cast iron (G-17) and nickel-base superalloy (Inconel 718) with ceramic tools. ELSEVIER Journal of Materials Processing Technology, 55, 63–69
 13. Ghani, A.K., & Choudhury, I.A. (2002). Study of tool life, surface roughness and vibration in machining nodular cast iron with ceramic tool. Journal of Materials Processing Technology, 127, 17–22.
 14. Ling C., Zhou, J., Bushlya, V., et. al. (2015). Performance assessment of pCBN and bCBN tools in machining of high-chromium white cast iron. Division of Production and Materials Engineering, 27, 18–28
 15. Yunhai Jia, Zhiqun Ye, Haizhu Wang, Huawei Jing (2012). Technics Study on PcBN Cutting Tool Dry Turning Chilled Cast Iron. Materials Processing Technology, Vol. 418–420, 1342–1345.