

Машиностроение и машиноведение

УДК 621.9.791+620.179

DOI: 10.30987/article_5b86566a393e61.84168359

В.И. Бутенко

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЧИСТОВОГО ТОЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ

С целью повышения эффективности чистового точения деталей из железоуглеродистых сплавов разработан и описан метод обработки материалов с предварительным индукционным нагревом, позволяющий за счёт создания в материале поверхностного слоя волнового высокочастотного магнитного поля повысить стойкость инструмента и улучшить эксплуатационные показатели качества обработанной

поверхности. Показана возможность формирования в поверхностном слое детали блочно-мозаичной структуры со слабыми граничными связями, обеспечивающей снижение потребной мощности резания.

Ключевые слова: индукционный нагрев, чистовое точение, железоуглеродистые сплавы, стойкость, шероховатость, поверхностный слой.

V.I. Butenko

INFLUENCE OF PRELIMINARY INDUCTION HEATING ON EFFICIENCY OF FAIR TURNING OF DETAILS FROM ZHELEZOUGLERODISTY ALLOYS

For the purpose of increase in efficiency of fair turning of details from zhelezouglerodisty alloys the method of processing of materials with preliminary induction heating allowing for the account a sozdakniya in material of a blanket of wave high-frequency magnetic field to increase firmness of the instrument and to improve operational indicators of quality of the processed

surface is developed and described. The possibility of formation in a blanket of a detail of block and mosaic structure with weak boundary communications, obeskpechivayushchy decrease in required power of cutting is shown.

Key words: induction heating, fair turning, zhelezouglerodisty alloys, firmness, roughness, blanket.

Введение

В [1] показана высокая эффективность применения предварительного индукционного нагрева при механической обработке материалов и нанесении металлополимерных наноструктурированных слоёв на поверхности деталей. Однако в настоящее время недостаточно полно изучено влияние предварительного индукционного нагрева материала на эксплуатационные свойства обработанных деталей машин. При этом не решены вопросы выбора температуры и времени индукционного нагрева, их влияния на структуру материала поверхностного

слоя деталей, изготовленных из высоколегированных хромоникелевых железоуглеродистых сплавов, широко используемых в двигателестроении. В связи с этим исследование влияния предварительного индукционного нагрева материала поверхностного слоя на эффективность чистового точения деталей из железоуглеродистых сплавов позволит выявить новые резервы в решении проблемы повышения стойкости используемого режущего инструмента и улучшения качества поверхностного слоя обрабатываемых деталей.

Методика проведения исследований

Предварительный нагрев образцов осуществлялся на специально разработанном и изготовленном устройстве для индукционного нагрева деталей любой конфигурации [2]. Исследованиям подвергались цилиндрические образцы из железоуглеродистых сплавов марок 45Х25Н20С2 и ЖС6У-ВИ, имеющие после предварительной (черновой) токарной обработки диаметр 25 мм. Температура индукционного нагрева материала обрабатываемой детали определялась при помощи устройства для измерения температуры металла при обработке поверхности резанием, описанное в работе [1].

Выполнены исследования влияния температуры индукционного нагрева материала поверхностного слоя обрабатываемой детали на стойкость инструмента, которая определялась по интенсивности изнашивания его в течение 5 минут непрерывной работы. За критерий был принят износ режущего лезвия инструмента по задней поверхности, равный 0,5 мм. При этом индукционный нагрев материала обрабатываемой детали до определённой температуры осуществлялся за счёт подачи от генератора тока частотой 2,5 кГц в течение заданного времени. Предварительно используемое устройство индукционного нагрева для обработки поверхностей резанием было прота-

Обсуждение результатов исследований

Предварительные испытания показали, что при обработке деталей из сплава марки 45Х25Н20С2 без индукционного нагрева на указанных режимах резания стойкость резца составляет 8-10 мин, а при обработке сплава марки ЖС6У-ВИ – 5-7 мин. Выполненные исследования чистовой токарной обработки сплавов марок 45Х25Н20С и ЖС6У-ВИ показали, что предварительный индукционный нагрев обрабатываемого материала не только существенно повышает стойкость инструмента (рис. 1), но и изменяет характер износа резца как вдоль режущего лезвия (рис. 2), так и по его задней поверхности (рис. 3). При этом параметр шероховатости об-

работано по зависимости «температура нагрева - время воздействия тока высокой частоты».

Чистовая токарная обработка осуществлялась на токарно-револьверном станке модели 1А751Ф3, имеющем два крестовых суппорта с горизонтальным и вертикальным перемещением и оснащённом многопозиционной револьверной головкой с горизонтальной осью вращения. Глубина резания t при чистовой обработке для всех экспериментов была принята равной 0,5 мм. Обработка велась без применения смазочно-охлаждающей жидкости со скоростью резания $V = 0,164$ м/с ($n = 125$ об/мин) и подачей $S = 0,1$ мм/об при чистовом точении заготовки без предварительного нагрева и со скоростью резания $V = 0,328$ м/с ($n = 250$ об/мин) и подачей $S = 0,1$ мм/об - с предварительным индукционным нагревом обрабатываемой заготовки. Использовались проходные резцы с пластинками твёрдого сплава Т15К6. Была принята следующая геометрия заточки резцов: передний угол $\gamma = 10^\circ$, задний угол $\alpha = 12^\circ$, угол наклона режущей кромки $\lambda = 0^\circ$, главный угол в плане $\varphi = 30^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 45^\circ$, радиус закругления вершины резца $r = 0,05$ мм, радиус закругления режущей кромки $r_1 = 0,01$ мм.

работанной поверхности детали уменьшается с $Ra = 4,85 \dots 6,80$ мкм до $Ra = 3,12 \dots 3,56$ мкм, а профиль поверхности способствует увеличению её несущей способности (рис. 4). Одновременно было установлено, что предварительный индукционный нагрев обрабатываемого материала приводит к существенному изменению структуры материала поверхностного слоя детали после её обработки (рис. 5). Измельчение структуры (рис. 5б) и её слоистое строение способствуют повышению контактно-усталостной прочности материала поверхностного слоя [3]. При этом наилучшие результаты по эксплуатационным показателям качества поверхност-

ного слоя деталей, прошедших чистовую токарную обработку с предварительным индукционным нагревом, достигаются при температурах нагрева 400...450 °С (рис. 6),

обеспечивающих в материале поверхностного слоя оптимальные значения показателя дислокационной насыщенности K_p (кривая 3).

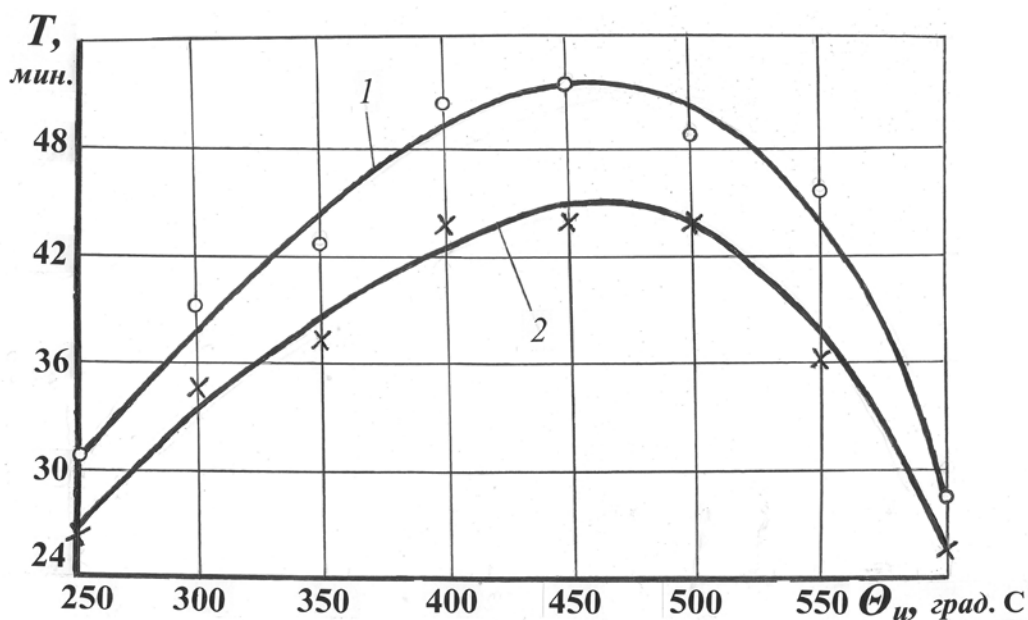
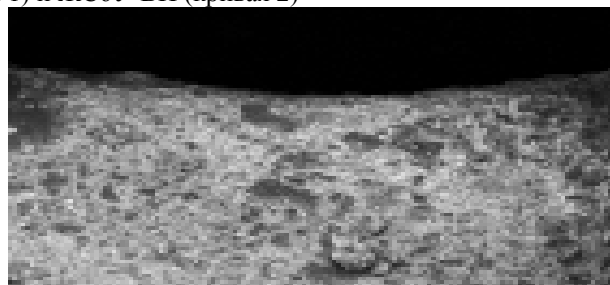


Рис. 1. Зависимости стойкости резца с пластинкой твёрдого сплава Т15К6 T от температуры индукционного нагрева обрабатываемого материала $\Theta_{и}$ при чистовом точении сплавов 45Х25Н20С2 (кривая 1) и ЖС6У-ВИ (кривая 2)



а)

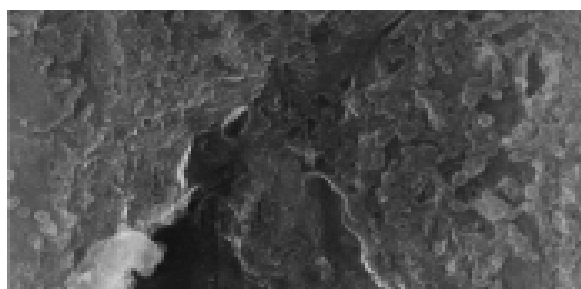


б)

Рис. 2. Характер износа режущей кромки резца при чистовой токарной обработке сплава 45Х25Н20С2 без его нагрева (а) и после предварительного индукционного нагрева (б), $\times 24$



а)



б)

Рис. 3. Характер износа задней поверхности резца при чистовой токарной обработке сплава 45Х25Н20С2 без его нагрева (а) и после предварительного индукционного нагрева (б), $\times 50$

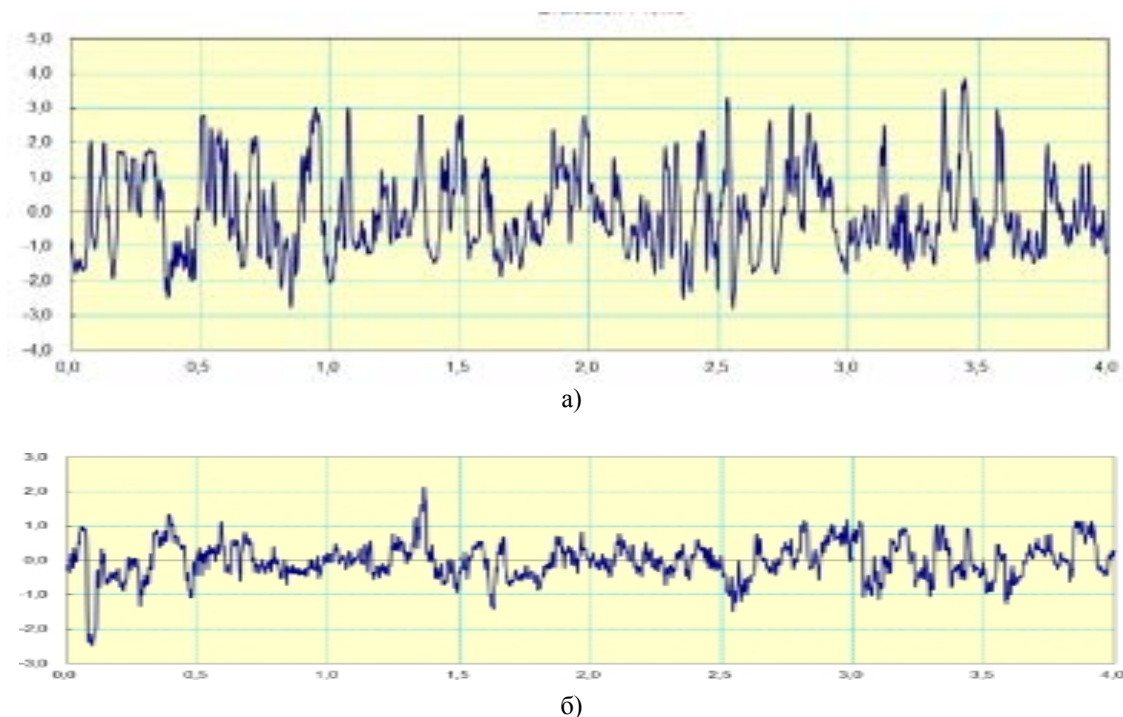


Рис. 4. Профилограммы поверхностей образцов: а - без предварительного индукционного нагрева; б - после предварительного индукционного нагрева

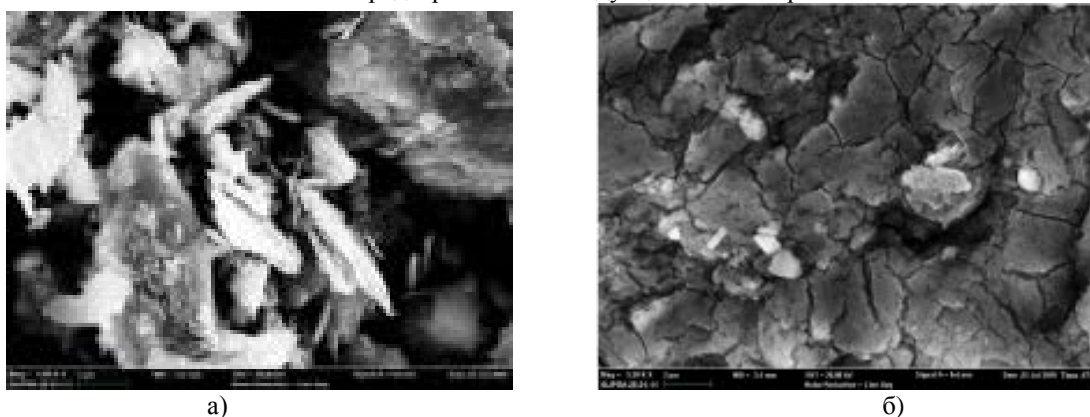


Рис. 5. Состояние поверхностного слоя: а - при обычной чистовой токарной обработке; б - при предварительном индукционном нагреве материала поверхностного слоя

Если в индукторе устройства индукционного нагрева для обработки поверхностей резанием установить профильные пластины из трансформаторного железа разной толщины, то можно получить волновое высокочастотное магнитное поле, позволяющее существенно изменить состояние материала поверхностного слоя детали. Так, исследования показали, что создание волнового высокочастотного магнитного поля в устройстве индукционного нагрева приводит к образованию в материале поверхностного слоя

обрабатываемой детали особой блочно-мозаичной структуры со слабыми граничными связями (рис. 7). О таком строении материала поверхностного слоя также свидетельствуют результаты атомно-силовой микроскопии, выполненной на атомно-силовом микроскопе НТ-МДТ (рис. 8). Механическая обработка материала с такой структурой приводит к уменьшению силы резания (сила разрушения связей уменьшается) и, соответственно, мощности резания.

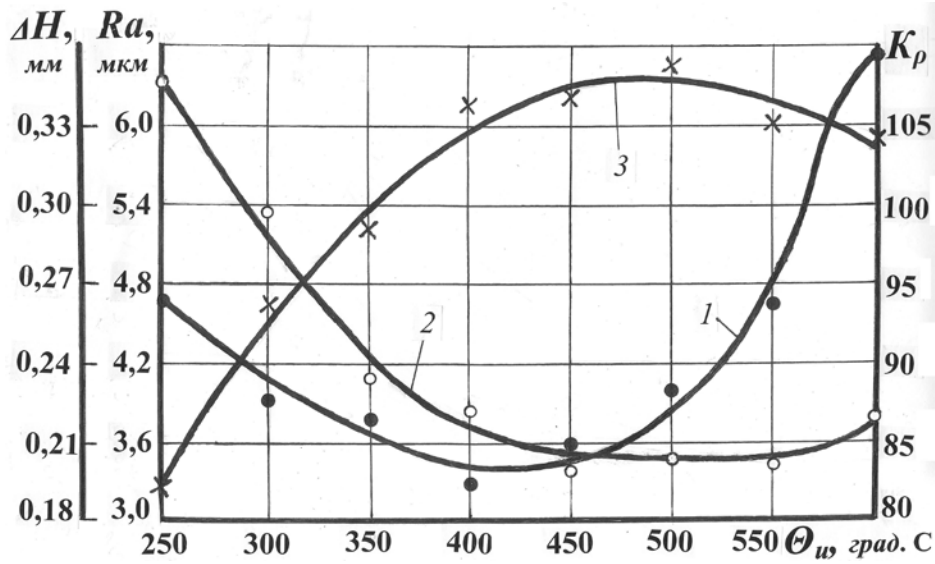
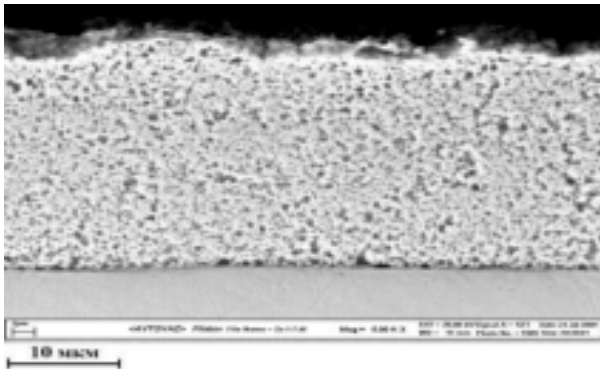
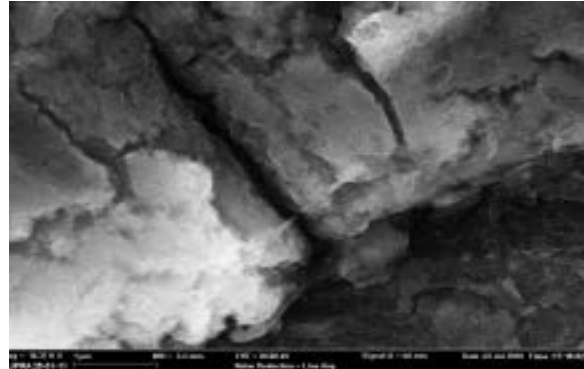


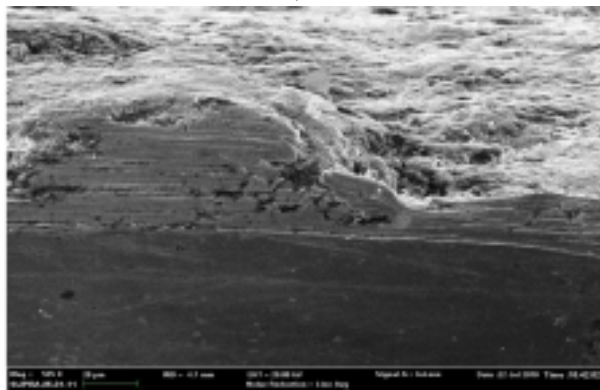
Рис. 6. Зависимости показателей качества поверхностного слоя деталей из сплава 45X25C20A ΔH (кривая 1), Ra (кривая 2), $K\rho$ (кривая 3) после чистовой токарной обработки от температуры предварительного индукционного нагрева $\Theta_{ш}$



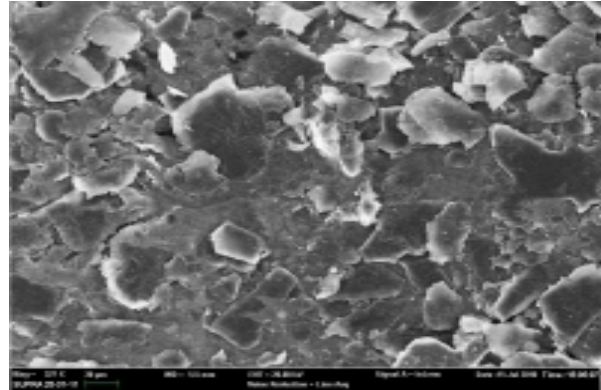
а)



б)



в)



г)

Рис. 7. Структура материала поверхностного слоя детали, подвергнутая волновому воздействию высокочастотного магнитного поля при индукционном нагреве: а - поперечный разрез исходной структуры (x24); б - структура материала поверхностного слоя до индукционного нагрева (x75); в - поперечный разрез поверхностного слоя после индукционного нагрева (x24); г - структура материала обработанного резанием поверхностного слоя после индукционного нагрева (x75)

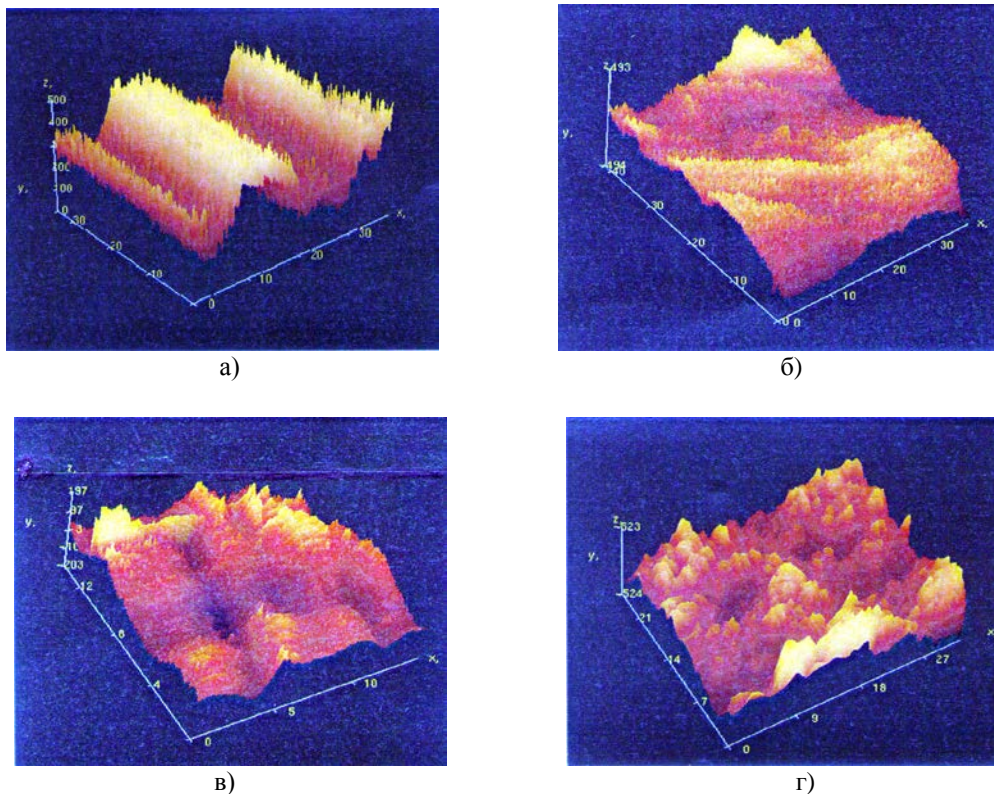


Рис. 8. Атомно-силовая микроскопия нанокластеров на поверхностях деталей, подвергнутых чистовой токарной обработке без предварительного нагрева (а), с предварительным индукционным нагревом до температур 300°C (б) и 450°C (в), с волновым индукционным нагревом до температуры 450°C (г)

Выводы

1. Предварительный индукционный нагрев материала поверхностного слоя обрабатываемой детали до температуры 400...450 °С позволяет существенно повысить стойкость режущего инструмента при обработке хромоникелевых сталей и сплавов, изменив характер его износа вдоль режущей кромки и по задней поверхности.

2. Предварительный индукционный нагрев материала детали при её чистовой обработке обеспечивает снижение шероховатости поверхности по параметру Ra в 2-2,5 раза, уменьшает на 50-70 % толщину по-

верхностного слоя с изменёнными физико-механическими свойствами и существенно повышает его несущую способность.

3. Эффективность предварительного индукционного нагрева материала обрабатываемой детали повышается созданием волнового высокочастотного магнитного поля за счёт, например, установки в индукторе устройства индукционного нагрева для обработки поверхностей резанием профильных пластин из трансформаторного железа разной толщины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутенко, В.И. Влияние температуры нагрева на улучшение обрабатываемости сталей / В.И. Бутенко, А.Н. Максимов // Проблемы синергетики в трибологии, трибозлектронике, материаловедении

и мехатронике: материалы II междунар. науч.-техн. конф. - Новочеркасск: Изд-во ЮРГТУ (НПИ), 2003. - Ч. 1. - С. 18-20.

2. Пат. 2245927 Российская Федерация, МПК С21 D 1/42, В23 В 1/00. Устройство индукционного нагрева для обработки поверхностей резанием / В.И. Бутенко, Д.И. Диденко, А.Н. Максимов. – 2005. – Бюл. № 4.
3. Кайбышев, О.А. Сверхпластичность, изменение структуры и обработка труднодеформируемых сплавов / О.А. Кайбышев, Ф.З. Утяшев. – М.: Наука, 2002. – 438 с.
1. Butenko, V.I. Influence of temperature of heating on improvement of workability staly / V.I. Butenko, A.N. Maximov//synergetics Problems in a tribology, a triboelektronik, materials science and mechatronics: materials II междунар. науч. - техн. конф. - Novocherkassk: YuRG TU (NPI) publishing house, 2003. - P.1. - Page 18-20.
2. Stalemate. 2245927 Russian Federation, MPK S21 D 1/42, V23 V 1/00. The device of induction heating for processing of surfaces cutting / V.I. Butenko, D.I. Didenko, A.N. Maximov. – 2005. – Bulletin No. 4.
3. Kaybyshev, O.A. Sverkhplastichnost, change of structure and processing of hardly deformed alloys / O.A. Kaybyshev, F.Z. Utyashev. – M.: Science, 2002. – 438 pages.

Статья поступила в редколлегию 2.04.18.

*Рецензент: д.т.н., профессор Южного
федерального университета
Финаев В.И.*

Сведения об авторе:

Бутенко Виктор Иванович, д.т.н., профессор кафедры «Инженерная графика и компьютерный дизайн» Южного Федерального университета, г. Таганрог, e-mail: mkk@egf.tsure.ru.

Butenko Victor Ivanovich, Dr.Sci.Tech., professor of "Engineering Graphics and Computer Design" department of Southern Federal University, Taganrog, e-mail: mkk@egf.tsure.ru.