

## ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ НАПЛАВЛЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Коломиец В. В., д.т.н., Антощенко Р. В., к.т.н., Ридный Р. В., к.т.н,  
Богданович С. А., к.т.н.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенка*

*Рассмотрено разрушение неоднородных наплавленных материалов резаками из твердого сплава и сверхтвердого материала на основе нитрида бора. Проведено исследование и рассчитаны характеристики неоднородности наплавленных материалов и характеристики их обрабатываемости. Установлено взаимовлияние и взаимосвязь физико-механических характеристик процесса резания и характеристик обрабатываемости наплавленных материалов деталей тракторов. На основе исследований проведена оптимизация процесса резания неоднородных наплавленных материалов и установлена зависимость для определения оптимальной скорости резания.*

**Введение.** Согласно представлениям классической теории обрабатываемость материала выявляется через деформации и напряжения в зоне резания, силы и температуры резания, износ и стойкость режущего инструмента, производительность и качество обработки поверхностей [1]. Обрабатываемость материалов в последнее время рассматривается по влиянию свойств материалов на их способность изнашивать и разрушать режущую часть инструмента, по способности свойств материалов сопротивляться резанию, по характеристикам качества обработанной поверхности.

Однако практикой установлено, что различные методы получения заготовок и восстановления деталей приводят к получению неоднородного материала, имеющего не одинаковые физико-механические свойства, структуру, химический состав и различного рода дефекты наружных и внутренних слоев [2]. Это проявляется при изготовлении деталей на стойкости инструментов, на качестве обработанного слоя и сказывается в процессе эксплуатации деталей машин и изделий. Так при получении заготовок методами литья на их поверхности, кроме больших макро неровностей, образуются различного рода дефекты [3] и литейная корка со свойствами, иногда, сильно отличающимися от свойств основного материала. При получении заготовок прокаткой образуется поверхностный слой с различного рода дефектами деформирования – трещинами, рыхлотой, раковинами, неточностью размеров и формы [4]. Заготовки, полученные поковкой и штамповкой, обычно также имеют деформационное упрочнение поверхностных слоев. Кроме того в поверхностных слоях этих заготовок образуются поры, раковины, смещения, неточности размеров и формы, трещины и другие виды дефектов. Неоднородность материала может быть также структурной, вызванной  $\alpha - \gamma$

превращениями, фазовой из-за химической неоднородности и кристаллической из-за скопления дислокаций [5].

Больше всего неоднородность, нестабильность и дефектность материала наблюдается при восстановлении изношенных деталей машин различного вида наплавками, покрытиями, напылением и сваркой. При наплавке материала образуются макро неровности на поверхности, химическая неоднородность наплавленного материала, нестабильность физико-механических свойств, структурная неоднородность, внутренние микро дефекты наплавленного материала и зоны сплавления [6].

Своими особыми физико-механическими свойствами поверхностные слои заготовок оказывают большое влияние на обрабатываемость их резанием при всех видах обработки. Само название обработка поверхностного слоя резанием в технической литературе встречается часто в самых различных вариантах. Например: обработка материала по корке, обработка поверхностного слоя, обработка наружного дефектного слоя и т. д. Эти термины далеко не полностью отражают суть процесса. Например: обработка по литейной корке и обработка после удаления литейной корки, черновая обработка и т. д. Под этими различными названиями обработки понимают только удаление поверхностного, дефектного слоя заготовки или восстановленной детали.

Срезание дефектного слоя всегда приводило к уменьшению стойкости любых режущих инструментов из-за нестабильности процесса резания, при котором всегда возникают колебательные нагрузки, а с ними появляется нестабильность всего процесса резания. Это явление противоречит характеристикам процесса резания, таким как усадка стружки и трение, силы резания и температуры резания, которые всегда меньше при резании дефектного слоя по сравнению со слоями у которых меньше дефектов.

В классической теории обрабатываемости материалов, которая занималась в основном исследованиями обрабатываемости сплошных однородных материалов, недостаточно точно понимались и объяснялись явления, происходящие при удалении различных по глубине слоев обрабатываемого материала. Поэтому в последние годы в науке о резании материалов появились такие термины как нестационарное температурное поле, нестационарный процесс обработки резанием и др. Процессы обработки материалов резанием стали разделять на стационарные и нестационарные и предлагать различные методики расчета характеристик процесса резания, особенно тепловых явлений при резании и прочности инструмента [7]. В этих работах под нестационарностью процесса обработки понималась только прерывистая обработка при точении, фрезеровании и шлифовании [8].

Однако в перечисленных работах ничего не раскрывается о состоянии самого обрабатываемого материала, т.е. не рассматривается его послойная обработка, а понимается, что весь материал однороден. Это далеко неверно и состояние поверхностного слоя во многом зависит от метода получения заготовки, химического состава материала, термической обработки, воздействия силового и температурного поля, а иногда ударных импульсов взрывных волн или магнитного поля.

Неоднородный материал, движущийся относительно режущего инструмента является сам нестационарным, т. к. в различный период времени он приводит к нестационарному процессу резания. Явление не стационарности движущего обрабатываемого материала во многих случаях объясняет противоречия между свойствами материала и его обрабатываемостью резанием. Важно как определить влияние неоднородности движущего материала на не стационарность процесса резания, которая возникает от его характеристик неоднородности, какие критерии необходимо учитывать при оптимизации характеристик обрабатываемости материалов с различной степенью неоднородности.

Количественной характеристикой не стационарности процесса резания неоднородного движущегося материала может быть коэффициент неоднородности обрабатываемого слоя материала, определяемый суммой коэффициентов неоднородности по отдельным признакам неоднородности по сравнению с обработкой однородного материала принятого за эталон согласно стандартам. Установление влияния неоднородности движущегося обрабатываемого материала на характеристики не стационарности процесса резания является прямым доказательством взаимосвязи неоднородности различных слоев материала с их различной обрабатываемостью резанием.

Научная новизна определения влияния неоднородности срезаемых слоев материала на нестационарность процесса резания состоит в том, что рассматривается влияние отдельных характеристик неоднородности на характеристики обрабатываемости данного материала. Это послужило началом развития новых направлений в теории улучшения обрабатываемости резанием твердых тел.

Дальнейшие исследования влияния неоднородности обрабатываемых материалов на характеристики их обрабатываемости могут способствовать разработке материалов и способов получения заготовок с меньшей неоднородностью. Это будет приводить к повышению стойкости режущих инструментов из всех инструментальных материалов и улучшению качества обработанного поверхностного слоя. В конечном итоге уменьшение влияния неоднородности обрабатываемых материалов на характеристики обрабатываемости будет приводить к улучшению эксплуатационных характеристик изготавливаемых и восстанавливаемых деталей машин и изделий. Стабилизация характеристик неоднородности обрабатываемых слоев материалов позволяет автоматизировать многие процессы механической обработки материалов, что делает возможным процессы резания перевести в стационарные и уменьшить припуски на обработку.

#### **Теоретическая часть.**

В науку об обрабатываемости твердых тел резанием следует ввести понятия и термины стационарный и нестационарный процесс резания, вызванный неоднородностью движущегося материала, которые расширят представления о качестве обрабатываемых материалов и сделают возможным проведение большего дифференцирования процессов обработки, что позволит выполнить более точную их оптимизацию в различных условиях.

Термин «однородный материал» в металлообработке следует понимать как движущийся относительно инструмента материал с постоянными физико-механическими свойствами, химическим составом, структурой, отсутствием дефектов и макро неровностей, неправильности формы и неточности размеров.

Термин «неоднородный материал» следует понимать как движущийся относительно инструмента материал с непостоянными для данного материала физико-механическими свойствами. Он имеет отклонения химического состава, наличие внутренних и наружных дефектов, с макро неровностями на наружных поверхностях. Ему свойственна неправильность геометрической формы со значительной неточностью получаемых размеров, а также с неодинаковой в разных слоях структурой. В нем есть большие скопления дислокаций, наклеп наружных поверхностей и остаточные напряжения в поверхностном слое заготовки или восстанавливаемой детали, которые приведут к ухудшению эксплуатационных характеристик деталей и машин.

Таким образом, введенные термины представляют собой обобщенные свойства обрабатываемых материалов, позволяющие комплексно оценить их влияние на работоспособность инструментов. Важное практическое значение приобретает уточнение названий, количественная оценка и классификация неоднородных материалов, позволяющая однозначно определять разновидности неоднородности и облегчать выбор мер их предупреждения или достижения определенных величин.

Классификация неоднородных материалов.

1. По отношению к поверхности материал может характеризоваться наружной и внутренней неоднородностью. Под наружной неоднородностью материала следует понимать макро неровности на поверхности заготовки на границе с окружающей средой. Под внутренней неоднородностью материала следует понимать неоднородность внутренних слоев материала не граничащих с окружающей средой.

2. По признакам неоднородности материал можно отнести к неоднородным материалам из-за:

- наличия макро неровностей и дефектов на поверхности заготовки или восстанавливаемой детали;
- нестабильности физико-механических свойств обрабатываемого слоя материала;
- неоднородности химического состава обрабатываемого слоя;
- неоднородности структуры и кристаллографического строения;
- наличия внутренних дефектов;
- отклонение геометрической формы и точности размеров;
- наличия больших величин остаточных напряжений и наклепанного или упрочненного слоя;
- наличия большого скопления дислокаций.

3. По способу происхождения неоднородности материала ее можно назвать металлургической, термической, от предыдущей обработки, от коррозии с течением времени, от фазовых и структурных превращений со временем.

4. По сохранению после обработки неоднородность материала может быть

устранима, частично устранима и остаточная.

Рассмотрим классификацию обрабатываемых материалов по признакам неоднородности применительно к наплавленным материалам.

Под признаком макронеровности и дефекты на наплавленной поверхности следует понимать образование металлургическим путем различного характера неровностей не предусмотренных стандартами. Их можно оценить высотой, периодичностью, плотностью расположения на единице площади или спектральной плотностью, глубиной проникновения и рассчитать коэффициент вариации данного параметра. На рис. 1 показаны виды наружной неоднородности различных поверхностей и видов их происхождения.

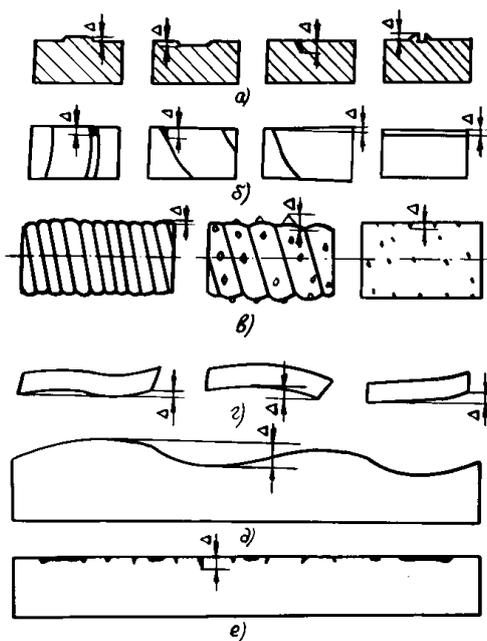


Рис. 1 – Виды наружной неоднородности материалов: а – литейные; б - прокатные; в – наплавочные; г – термические; д – от предыдущей обработки; е – от коррозии

Неоднородность материала по этому признаку чрезвычайно сильно влияет на обрабатываемость инструментами из всех существующих инструментальных материалов. Постоянные изменения глубины резания при срезании макро неровностей приводят к колебаниям сил резания, что приводит к нестационарному процессу резания и быстрому износу режущих инструментов.

Признак неоднородность материала по физико-механическим свойствам может относиться только к наплавленному поверхностному слою, в котором эти свойства отличны от свойств внутренних слоев материала детали. В этом слое может быть нестабильная твердость, прочность, текучесть и другие физико-механические характеристики. Из-за их нестабильности при обработке таких слоев возникают переменные, колебательные нагрузки, которые вызывают ускоренный износ режущих инструментов. Слой материала с таким видом неоднородности необходимо удалять полностью или частично.

Неоднородность материала, вызванная нестабильностью химического состава, наблюдается в наплавленном слое и зоне сплавления. При обработке таких слоев резанием также возникают колебательные нагрузки, которые

приводят к ускоренному износу инструмента.

Наличие внутренних дефектов в наплавленном материале является одним из главных признаков его неоднородности, который влияет на физико-механические свойства, качественные характеристики восстановленной детали, которые вызывают значительное ухудшение эксплуатационных характеристик детали. Каждый внутренний дефект является концентратором остаточных напряжений в обрабатываемом слое. Поэтому наплавленные материалы являются неоднородными до и после любого вида обработки.

Таким образом, можно утверждать, что в наплавленном материале существуют перечисленные виды дефектов и при его обработке резанием он всегда неоднороден и приводит к нестационарным процессам резания, которые влияют на стойкость инструмента и качество восстановленной детали. При обработке наплавленных материалов независимо от их свойств в момент перерезания шва между валиками будут происходить сложные колебательные нагрузки на режущий инструмент, что будет также вызывать не стационарность процесса обработки.

Механическая обработка резанием наплавленных материалов является универсальной операцией, которая должна обеспечить необходимые производительность и технологичность сохранения достигнутых свойств материала или даже их повысить [9]. В настоящее время установлены общие закономерности процесса резания неоднородных наплавленных материалов, но не вскрыты их отличительные особенности, определяемые процессами резания относительно однородных конструкционных материалов. Поэтому проблема оптимизации процесса обработки неоднородных наплавленных материалов, широко применяемых для восстановления изношенных деталей тракторов и других машин, является одной из главных проблем в ремонтном производстве, решение которой позволит прогнозировать и обеспечить работоспособность различных инструментальных материалов.

**Объектом исследования** является оптимизация процесса обработки резанием неоднородных наплавленных материалов деталей тракторов.

**Цель исследования.** Выявить и обосновать причины низкой стойкости инструмента из твердых и сверхтвердых материалов на основе нитрида бора при чистовом точении неоднородных наплавленных материалов изношенных деталей машин, работающих в аналогичных условиях. Установить оптимальные скорости резания и их зависимости при обработке других наплавленных материалов.

**Методы исследования.** Для проведения исследований был выбран наплавочный материал, отличающийся неоднородным химическим составом, физико-механическими свойствами, способами наплавки и неоднородностью сформированного восстановительного покрытия **Нп – 30ХГСА (HRC 32-36)** под слоем флюса АН – 348. Для исследований на первом этапе использовали специально изготовленные образцы, а на втором - производственно отобранные детали тракторов типа изношенных валов, кронштейнов, карданов и барабанов. Наплавку проводили по оптимальным режимам в лабораторных и производственных условиях ремонтных предприятий. В качестве

инструментальных материалов были выбраны – 2-х карбидный твердый сплав типа Т15К6, который широко применяется в машиностроении для обработки деталей из выбранных материалов и сверхтвердый материал на основе нитрида бора типа гексанит – Р (композит – 10). Опыты проводили на токарных станках. Силы резания и трения определяли с помощью динамометров типа УДМ-100 и УДМ-600. Температуры резания определяли методом искусственной термопары с комплектом усиливающей и регистрирующей аппаратуры. Величину и характер износа резцов по задней поверхности оценивали на универсальном инструментальном микроскопе.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Вначале исследовали характеристики неоднородности наплавленных материалов, а затем исследовали их влияние на обрабатываемость. Неоднородность наплавленных материалов оценивали по колебанию макро- неровностей, формируемых на поверхности наплавки, а также по наличию дефектов, которые оценивали по изменению микро пористости и трещинообразованию. Нестабильность физико-механических свойств, формируемого покрытия, оценивали по изменению микротвердости наплавленного слоя, а - основного химического состава оценивали по содержанию хрома, который оказывает основное влияние на износ режущих инструментов. Расчет коэффициентов неоднородности проводили с учетом каждой характеристики по стандартной программе путем определения коэффициентов вариации и их сложением [12]. За эталон обрабатываемости материала принята обрабатываемость углеродистой стали 45 в состоянии поставки, которая применяется для определения обрабатываемости сталей инструментами из твердых сплавов. Коэффициент вариации эталона, рассчитанный по достигаемым пределам микротвердости, кремния и углерода равен 0,024. Эта величина вариации принята для расчета неоднородности наплавленных материалов. Коэффициент неоднородности наплавленного материала является основной характеристикой обрабатываемости наплавленного слоя. Важным является определение взаимосвязи и влияния характеристик неоднородности наплавленных материалов на их обрабатываемость инструментами из различных инструментальных материалов. Проведенные исследования подтвердили необходимость получения такой информации взаимосвязей при оптимизации процесса резания неоднородных наплавленных материалов [13]. Определение характеристики нестабильности макро неровности проводили на токарном станке с помощью индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм. Вместо наконечника индикатор снабжали острым конусным щупом с углом при вершине 15-20° и радиусом закругления 0,01 мм. Установив начало отсчета по наибольшей впадине на наплавленной поверхности, определяли отклонения макро неровностей в 4<sup>х</sup> взаимно перпендикулярных точках с шагом измерения 0,5 мм, поворачивая наплавленную поверхность и перемещая щуп. Такие измерения проводили в 200 точках наплавленного слоя на 8 образцах [14]. Определение разброса характеристик неоднородности по микро- пористости и трещинообразованию оценивали на специально изготовленных шлифах в точках на вершинах валиков и на стыках и также по 4<sup>х</sup> взаимно перпендикулярным плоскостям, а также по

глубине с интервалом 0,2 мм в 200 зонах на 8 образцах. Определение характеристик нестабильности по микро твердости проводили на тех же шлифах, что и по оценке разброса показаний пористости. Определение характеристик нестабильности по химическому составу, в данном случае по хрому, проводили на тех же шлифах, что и измерение микротвердости на зондовом анализаторе «Камека» также в 200 точках на 8 образцах [15]. Все результаты измеренных характеристик неоднородности в наплавленных слоях проволокой Нп-30ХГСА представлены на рис. 2.

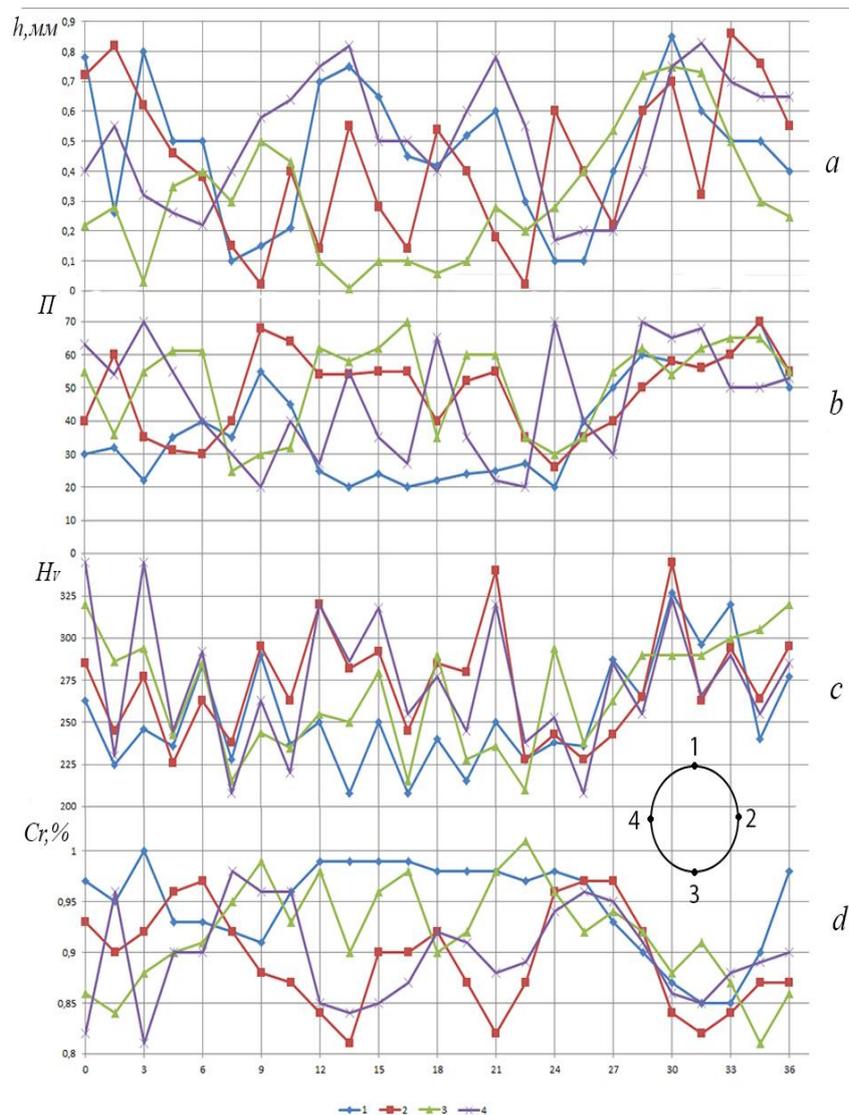


Рис. 2 – Колебания характеристик: а – макро неровности; б – микро пористости; с – микро твердости; д – содержания хрома в наплавленном слое. 1, 2, 3, 4 – точки измерения.

По полученным данным на рис. 2 определены средние отклонения параметров, дисперсии отклика и коэффициенты вариации параметров: макро неровностей, микро пористости, микро твердости и содержание хрома.

Таким образом, на первом этапе установили коэффициенты неоднородности наплавленных материалов, по которым можно судить об обрабатываемости наплавленных слоев.

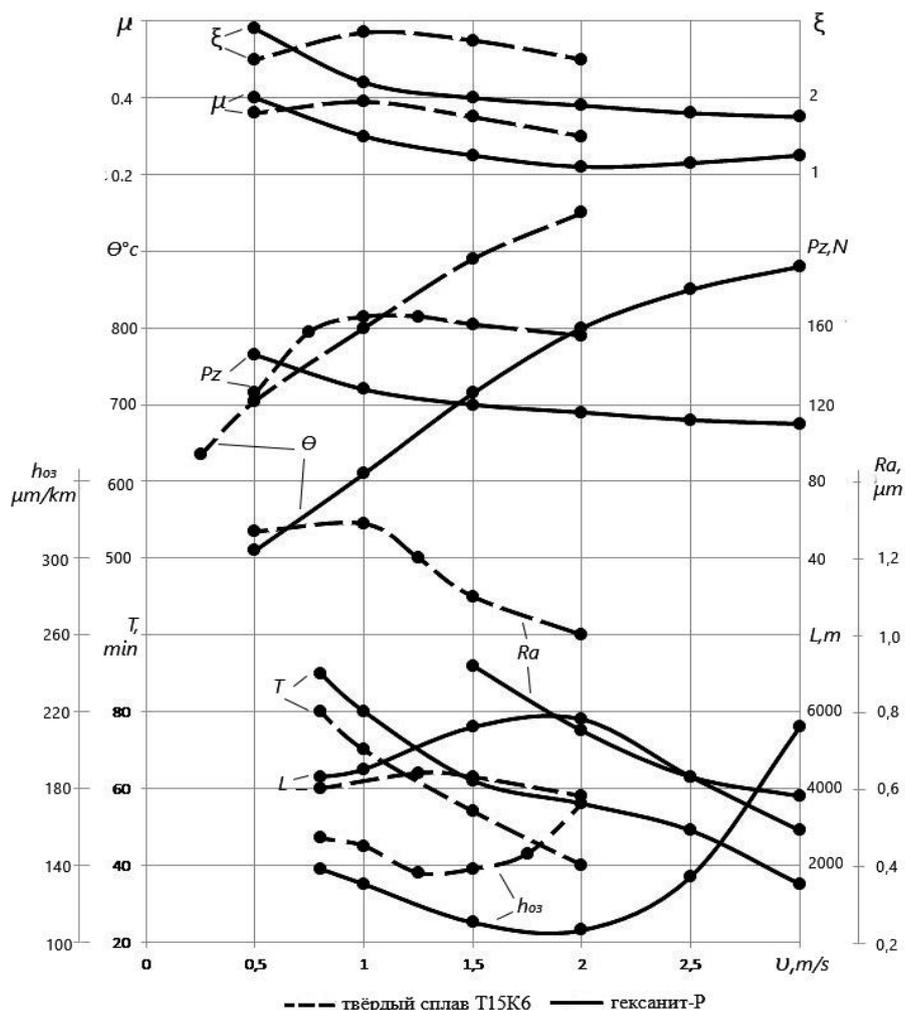


Рис. 3 – Влияние скорости резания на характеристики процесса точения материала Нп – 30ХГСА резцами из сплава Т15К6 и из гексаниита – Р.

Обрабатываемость материалов резанием проявляется в условиях воздействия на него инструментом в технологическом процессе обработки. Она выявляется через деформации в зоне резания, силы и температуры, износе и стойкости режущего инструмента, производительности и качестве обработанной поверхности. Установлено, что основным технологическим параметром, влияющим на стойкость инструмента, является скорость резания. Поэтому важно выявить влияние скорости резания на ряд характеристик процесса не отдельно, а в совокупности со всеми факторами и выявить какие между ними существуют взаимосвязи и зависимости. Определим влияние скорости резания на следующие основные характеристики при чистовом точении опытных наплавленных материалов: поперечную усадку стружки  $\xi$ , средний коэффициент трения при моделировании  $\mu$ , составляющую силу резания  $Pz$  и среднюю температуру резания  $\theta^{\circ}C$ , а также стойкость резца  $T$ , относительный его износ по задней поверхности  $h_{оз}$ , путь резания  $L$ , и среднюю арифметическую высоту неровностей обработанной поверхности  $Ra$ . Этим установим взаимосвязь между физико-механическими характеристиками и характеристиками

работоспособности режущих инструментов при чистовой обработке наплавленных материалов с учетом оцененных коэффициентов их неоднородности [16]. На рис. 3 представлены изменения перечисленных усредненных характеристик от увеличения скорости резания при чистовом точении материала, наплавленного проволокой Нп – 30ХГСА резцами из твердого сплава Т15К6 и из сверхтвердого материала на основе нитрида бора гексанита – Р.

Из полученных зависимостей видно, что с увеличением скорости резания, величины коэффициентов усадки стружки и трения отличаются незначительно, но разница большая при точении резцами из твердого сплава Т15К6. По характеру изменения эти характеристики различны. Это можно объяснить наличием наростообразования при точении резцами из твердого сплава и его отсутствием при точении гексанитом – Р. Большие величины этих характеристик приводят и к увеличению сил резания при точении резцами из твердого сплава. Это вызывает повышение температуры в зоне резания при одинаковых скоростях обработки. Из расположения графиков видно, что характер изменения сил резания полностью аналогичен характеру изменения коэффициентов усадки стружки и трения, но их величины отличаются на 20 – 30%. Это приводит к образованию в зоне контакта повышенных температур резания. Различный характер и величины 4-х физико-механических характеристик ( $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $P_z$ ,  $\theta$ ), в зависимости от увеличения скорости резания приводят и к различному характеру изменения 4-х характеристик работоспособности ( $T$ ,  $L$ ,  $h_{03}$ ,  $R_a$ ) резцов из твердого сплава Т15К6 и резцов из сверхтвердого материала гексанита – Р при чистовом точении даже такого наплавленного материала как Нп – 30ХНСА с небольшой твердостью и неоднородностью. При этом резцы из Т15К6 имеют меньшую стойкость, характеризуются меньшим путем резания и большим относительным износом и, как следствие, большей шероховатостью обработанной поверхности. Проанализировав изменение всех характеристик процесса резания с увеличением скорости резания, можно определить оптимальные скорости резания. При чистовом точении наплавленного материала Нп – 30ХГСА резцами из твердого сплава Т15К6 –  $V_{оп} = 1,2...1,5$  м/с. Резцами из гексанита – Р –  $V_{оп} = 2,2...2,5$  м/с. При таких скоростях резания у резцов из этих инструментальных материалов будет примерно одинаковая их стойкость 60 минут, но различный пройденный путь резания, то есть производительность процесса резания большая у резцов из гексанита – Р, при лучшем качестве обработанной поверхности. Однако, учитывая сравнительно высокие цены на инструменты из сверхтвердых материалов на основе нитрида бора и небольшие размеры блоков поликристаллов из гексанита – Р, допускающих меньшее количество переточек, их можно рекомендовать только в редких случаях применять в таких условиях технологических процессов в ремонтном производстве. Так, например, при необходимости замены операции шлифования чистовым точением.

На основании проведенных исследований установлена общая зависимость для определения оптимальной скорости резания при чистовом точении наплавленных материалов, которая имеет вид:

$$V_0 = \frac{C_v \cdot \prod_{i=1}^n K_{vi}}{T^m \cdot S^{y_v} \cdot t^{x_v} \cdot K_H}$$

где:  $C_v$  – постоянный коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого наплавленного материала при оптимальных геометрических параметрах режущей части инструмента;

$K_{vi}$  коэффициенты, учитывающие условия обработки данным инструментом;

$K_H$  – коэффициент неоднородности обрабатываемого наплавленного материала.

При выбранных оптимальных геометрических параметров инструмента и принятых условиях процесса резания  $K_{vi}$  принимается равным единице. Показатели степеней при подаче, глубине резания и стойкости резца определялись при однофакторном эксперименте. Обработка результатов опытов позволила установить значение коэффициентов и показателей степени для расчета оптимальной скорости резания при обеспечении необходимой стойкости резцов из гексанита – Р - Т = 60 мин. (табл. 1).

Таблица 1 - Значения коэффициентов и технологических показателей оптимальной скорости резания наплавленного материала резцами из гексанита – Р.

Марка наплавленного материала	Твердость наплавленного слоя, HRC	Коэффициенты и показатели степени				
		$C_v$	$K_H$	$Y_v$	$X_v$	$m$
Нп – 30ХГСА	35	190	3,0	1,05	1,25	1,33

ПРИМЕЧАНИЕ: геометрические параметры резцов:  $\gamma = -10^\circ$ ;  $\alpha = \alpha_1 = 10^\circ$ ;  $\varphi = 40^\circ$ ;  $\varphi_1 = 20^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ ;  $f = 0,2 \dots 0,4$  мм; или  $r = 0,6 \dots 1,2$  мм; подача  $S = 0,07 \dots 0,1$  мм/об; глубина резания  $t = 0,2 \dots 0,3$  мм.

Таким образом, можно считать твердо установленным, что обрабатываемость резанием наплавленных материалов зависит от их неоднородности, которая приводит к нестационарности процесса резания. Знание и управление неоднородностью наплавленного слоя позволяет разрабатывать способы улучшения обрабатываемости наплавленного материала и улучшать долговечность восстановленных деталей машин. В результате проведенных исследований установлены преимущества применения резцов из сверхтвердого материала на основе нитрида бора гексанита – Р и приведены зависимости для определения оптимальной скорости резания при чистовом точении неоднородных наплавленных материалов.

**Выводы.** При обработке наплавленных материалов, кроме взаимосвязи и влияния физико-механических характеристик процесса обработки на характеристики работоспособности резцов и на обрабатываемость материалов оказывает большое влияние неоднородность наплавленного материала, которая выражается в характеристиках неоднородности: макро неровности, пористости,

микротвердости и ликвации химического состава срезаемых слоев. Показана эффективность их использования при оптимизации параметров процесса резания каждого неоднородного наплавленного материала. Резцы из сверхтвердого инструментального материала на основе нитрида бора типа гексанит – Р особенно эффективны при обработке наплавленных материалов с высокой неоднородностью и повышенной твердостью металла при скоростях резания, обеспечивающих температурный режим в 900...1050°C, который обеспечивается теплостойкостью инструментального материала.

### Список использованных источников

1. Клушин М.И. Резание металлов. – М.; Машгиз, 1958. – 453 с.
2. Ящерицин П.И., Рыжов Э.В., Аверчиков В.И. Технологическая наследственность в машиностроении – Минск: Наука и техника, 1977. 240 с.
3. Куликов Г.Д. Современные способы восстановления деталей наплавкой. Челябинск: Южноуральское кН. Изд-во, 1974. – 182.
4. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. М.: Металлургия, 1983. – 359 с.
5. Дьяченко С.С. Образование аустенита в железо-углеродистых сплавах. М.: Машиностроение, 1979, - 160 с.
6. Сварка в машиностроении. Справочник. Т. 2. /Под ред. А.И. Акулова. М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.
7. Писаренко Г.С., Можаровский Н.С., Антипов Е.Д. Сопротивление жаропрочных материалов нестационарным и температурным воздействиям. – Киев: Наукова думка, 1974. – 200 с.
8. Соломенцев Ю.М., Басин А.М., Кухтин А.А. Определение стойкости режущего инструмента при нестационарном резании. /Станки и инструмент, 1981, №5. С. 16...18.
9. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения. /Под общей ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т.3. «Резание материалов лезвийными инструментами». Одесса: ОНПУ. 2003. – 550 с. /Монография. Авторы: Новиков Ф.В., Якимов А.В., Коломиец В.В., Зубарь В.П. и др./.
10. Инструменты из сверхтвердых материалов. /Под ред. Н.В. Новикова и А.С. Клименко. - М.: Машиностроение, 2014 – 608 с
11. Коломиец В.В., Симоненко Ю.П., Кириченко Ю.В. Алгоритм определения коэффициентов неоднородности и обрабатываемости наплавленных материалов. /В кн. « Сборник научных трудов ХГАДТУ» Харьков. 1996. №4. С. 46.
12. Тищенко Л.Н., Коломиец В.В., Клименко С.А., Vijay Kumar, M.A. W Usmani, Фадеев В.А. Теоретическое обоснование взаимосвязи и взаимовлияния характеристик обработки резанием неоднородных наплавленных материалов /Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка

- «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві», Харків. 2014. Вип. 146. С. 232...237.
13. Коломиец В.В., Лукьянов И.М., Фабричникова И.А., Ридный Р.В., Клименко С.А. Определение зависимости макронеровностей поверхности от способа наплавки и их влияния на обработку. /В кн. «Вісник інженерної академії України» №3. Київ. 2000. С. 252...255.
  14. Тищенко Л.Н., Коломиец В.В., Фадеев В.А., Любичева К.М., Клименко С.А., Виджай Кумар. Определение физических характеристик процесса резания наплавленных материалов инструментами из ПСТМ. /Материалы международной научно-практической конференции «Современная наука: проблемы, инновации, решения -11». Курск, КИСО (филиал (РГСУ), 2014. – С.113...116.
  15. Коломиец В.В., Тищенко Л.Н., Суглобова В.В., Любичева К.М., Клименко С.А., Виджай Кумар. Особенности изменения характеристик трения при резании наплавленных материалов. /Вісник ХНТУСГ ім. П Василенка. Технічні науки. «Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні». Харків, 2011. Вип. 115. С. 22...26.
  16. Коломиец В.В., Спольник А.И., Ридный Р.В., Любичева К.М., Карпова Л.В., Vijay Kumar. Влияние неоднородности наплавленных материалов на температуру резания. [Текст]. /Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». Харків, 2017. Вип. 183. С. 57...63.

## **Анотація**

### **ВПЛИВ НЕОДНОРІДНОСТІ ОБРОБЛЮЄМОЇ МАТЕРІАЛІВ НА НЕСТАЦІОНАРНІСТЬ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ**

Коломієць В. В., Антощенко Р. В., Рідний Р. В., Богданович С. А.

*Розглянуто руйнування неоднорідних наплавлених матеріалів різцями із твердого сплаву і надтвердого матеріалу на основі нітриду бору.*

## **Abstract**

### **THE INFLUENCE OF HETEROGENEITY MATERIALS ON INSTABILITY THE PROCESSING OF CUTTING**

V. Kolomiets, R. Antoshchenkov, R. Ridniy, S. Bogdanovich

*The destruction of inhomogeneous deposited by incisors made of hard and super hard material based on boron nitride is considered.*