М 337664

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

На правах рукописи

КОЛЕСНИЧЕНКО ВЛАДИМИР ДМИТРИЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ЧУГУНОВ С ПЛАСТИНЧАТОЙ ФОРМОЙ ГРАФИТА РЕЗЦАМИ СБОРНЫМИ ПРИ НАРУЖНОМ ПРОДОЛЬНОМ ТОЧЕНИИ НА СТАНКАХ С РУЧНЫМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И УПРАВЛЕНИЕМ

(Специальность 05.03.01 – Процессы и машины обработки материалов резанием; автоматические линии)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук)

Москва, 1979

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана

На правах рукописи

КОЛЕСНИЧЕНКО ВЛАДИМИР ДМИТРИЕВИЧ

№337664 р

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ЧУГУНОВ С ПЛАСТИНЧАТОЙ ФОРМОЙ ГРАФИТА РЕЗЦАМИ СБОРНЫМИ ПРИ НАРУЖНОМ ПРОДОЛЬНОМ ТОЧЕНИИ НА СТАНКАХ С РУЧНЫМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И УПРАВЛЕНИЕМ

(Специальность 05.03.01 – Процессы и машины обработки материалов резанием; автоматические линии)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук)

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана
1337664
Колесниченко В.Д. Исследов

Москва, 1979

Работа выполнена на Московском трижды ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени автозаводе им. И.А.Лихачева (производственное объединение ЗИЛ)

Научный руководитель -кандидат технических наук,доцент Зверев Е.К.

Официальные оппоненты:доктор технических наук, профессор Гурин Ф.В.
кандидат технических наук,доцент Юликов М.И.

Ведущая организация - Ордена Трудового Красного Знамени Научно-исследовательский институт технологии автомобильной промышленности.

Защита диссертации состоится "14" мая 1979 г. на заседании специализированного Совета К-053.I5.I5 по технологии машиностроения при Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище им.Н.Э. Баумана по адресу: Москва,I07005,2-я Бауманская,5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан "____" _____ 1979 г.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах,заверенные печатью,просим направлять по указанному адресу.

Ученый секретарь специализированного Совета

к.т.н.,доцент Мещеряков Р.К

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы исследования обрабатываемости чугунов с пластинчатой формой графита резцами сборными обуславливается задачами по повышению эффективности производства и качества продукции машиностроения и металлообработки, поставленными Коммунистической партией в "Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976 - 1980 годы".

Чугуны с пластинчатой формой графита (серые чугуны), по сравнению с чугунами с шаровидной и хлопьевидной формой графита (высокопрочными и ковкими чугунами), имеют высокие технологические литейные свойства, получили значительно большее распространение и используются в качестве конструкционного материала для многих деталей машин, имеющих большой объем обработки резанием. Улучшение условий обработки этих деталей может обеспечить значительную экономию трудовых и материальных затрат.

Повышение надежности и долговечности деталей машин из чугунов достигается путем дополнительного легирования и модифицирования, обеспечивающих получение износостойких структур металлической матрицы. Отсутствие данных по обрабатываемости таких чугунов может являться фактором, сдерживающим их внедрение, особенно в условиях поточно-массового производства.

Целью работы является установление закономерностей по управлению процессом резания, обеспечивающих повышение эффективности токарной обработки чугунов с пластинчатой формой графита со структурами металлической матрицы перлитного, бейнито-аустенитного, аустенито-мартенситного типов при различном их легировании и модифицировании.

Методы исследования. Общей методикой предусмотрено комплексное проведение экспериментов в лабораторных условиях и поточно-массовом производстве МосавтоЗИЛ"а для исследования процесса резания (износа и стойкости резцов, составляющих силу резания, шероховатости обработанной поверхности) при наружном продольном точении 19 марок чугунов резцами сборными с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. По специальным методикам решаются задачи: определения критерия износа резцов с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин путем технико-экономических расчетов на основе изучения закономерностей износа и разрушения многогранных пластин; исследования вопросов механизма

износа твердосплавных резцов - с использованием локальных методов и современной электронной аппаратуры.

Научная новизна. Сформулированы общие положения по определению критерия износа инструментов с механическим креплением многогранных пластин, решена задача оптимизации расхода многогранных пластин, установлен критерий износа резцов с пластинами ВК6.

Уточнен механизм износа твердосплавных резцов. Разработана методика и проведены исследования продуктов износа резцов на поверхностях заготовок, деталей и стружки, исследования изношенных поверхностей резцов и их сечений, а также проведено сопоставление интенсивностей нарастания износа резцов, определенных локальным и известным методами. Показана роль явлений адгезии и пути ее уменьшения в процессе изнашивания твердосплавных резцов.

Установлены закономерности влияния на стойкость резцов, составляющие силу резания и шероховатость обработанной поверхности при точении чугунов с различным легированием и модифицированием следующих факторов: химического состава, структуры и механических свойств чугуна; режима резания; водных СОЖ; округления режущих кромок, износостойких покрытий, формы и марки твердого сплава многогранных пластин. Предложены развернутые формулы для расчета скорости и составляющих силу резания.

Практическая ценность. Определены условия, обеспечивающие повышение производительности токарной обработки и стойкости резцов. Даны материалы (таблицы, формулы, графики) по определению скорости, составляющих силу резания и шероховатости обработанной поверхности при различных условиях точения указанных чугунов.

Реализация работы. Результаты исследований внедрены на заводах производственного объединения ЗИЛ на операциях токарной обработки гильз блока цилиндров, тормозных барабанов и других деталей с годовой экономической эффективностью 161 тыс. рублей.

Апробация работы. Основные разделы работы докладывались на конференциях молодых уче..ых и специалистов НИИТАВТОПРОМ-ЗИЛ, 1974-75 гг.; Всесоюзном научно-техническом семинаре "Надежность режущего инструмента", Краматорск, КПИ, 1974 г.; семинаре "Повышение производительности и эффективности обработки материалов резанием", МДНТП, 1975 г.; кафедре "Теория механической обработки и инструментов" МВТУ им.Н.Э.Баумана, 1975-78 гг.; секции механической обработки НТО Машпром на ЗИЛ"е, 1978 г.; секции резания

и режущих инструментов МГП НТО Машпром, 1978 г.

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 10 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, девяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений.

Работа изложена на 112 страницах машинописного текста, содержит 20 таблиц, 74 рисунка, список литературы из 83 наименований. Общий объем работы составляет 193 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведен анализ результатов научно-исследовательских работ и опыта предприятий, НИИ, ВТУЗов. Показано, что несмотря на значительное количество работ по обрабатываемости точением чугунов с пластинчатой формой графита, ряд вопросов еще не изучен или изучен недостаточно. К ним относятся: механизм износа твердосплавных резцов; использование резцов сборных с механическим креплением многогранных пластин; обрабатываемость чугунов с износостойкими структурами металлической матрицы; применение смазочно-охлаждающих жидкостей и др.

Во второй главе сформулированы задачи и дана общая методика проведения исследований.

В соответствии с аналитическим обзором и целью были поставлены задачи: исследовать механизм износа твердосплавных резцов; определить критерий износа; установить закономерности влияния на стойкость, составляющие силу резания и шероховатость обработанной поверхности параметров обрабатываемого металла и режущего инструмента, режима и условий резания при наружном продольном точении резцами сборными с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин чугунов со структурами металлической матрицы перлитного, бейнито-аустенитного, аустенито-мартенситного типов при различном их легировании и модифицировании.

Решение поставленных задач осуществлялось на основе комплексных экспериментальных исследований в лабораторных условиях и поточно-массовом производстве деталей МосавтоЗИЛ"а. При однофакторном планировании эксперимента изучались износ и стойкость резцов, составляющие силу резания и шероховатость обработанной поверхности для установления влияния:

$$h_з, h_{зв}, h_л, f, a_л, b_л = \varphi(v, \tau, t, s, \Theta\Psi); \; h_з, h_{зв} = \varphi(v, L, \Theta\Psi);$$

$$M = \varphi(v, L, \text{ОЧ}); \quad M' = \frac{M}{L} = \varphi'(v, \text{ОЧ});$$

$$T = \varphi(v, t, s, \text{ОЧ}, \text{ЛК}, \text{Ж}, \text{ТС}, \text{ФП}, \rho, \text{ИП});$$

$$P_z, P_y, P_x = \varphi'(v, t, s, \text{ОЧ}, \text{Ж}, \text{ГП}, h_з, \rho, \text{ИП});$$

$$R_z = \theta(v, \text{ОЧ}); \quad R_a = \theta'(v, t, s, \text{ОЧ}, \text{Ж}, h_з, \rho, \text{ИП});$$

где: $h_з, h_{зв}, h_л, l, a_л, b_л$ – линейные параметры износа резца, мм; M – масса изношенной части резца, мг; M' – интенсивность нарастания износа резца, мг/м·10^3; T – стойкость, мин; P_z, P_y, P_x – составляющие силу резания, Н; R_z, R_a – параметры шероховатости обработанной поверхности, мкм; v – скорость резания, м/мин; τ – период резания, мин; t – глубина резания, мм; s – подача, мм/об; ОЧ – обрабатываемый чугун (параметры химического состава, структуры, механических свойств); L – путь, пройденный резцом, м·10^3; ЛК – литейная корка; Ж – СОЖ; ТС – марка твердого сплава; ФП – форма многогранных пластин; ρ – округление режущих кромок; ГП – геометрические параметры режущей части резца; ИП – износостойкое покрытие многогранных пластин.

С целью выявления правомерности и теоретической достоверности для нормативов данных, получаемых по методике многофакторного планирования экспериментов, при точении перлитного чугуна проводились опыты по факторному плану "латинский квадрат" для определения постоянной и показателей степени в степенной функции, отражающей зависимость стойкости резца от скорости, глубины резания и подачи.

В лабораторных условиях опыты проводились на токарно-винторезных станках мод. V80B – Берингер и SV18RA –ТОС. По аналогии с обработкой деталей в производстве, точение производилось с перерывами 15...20 сек после каждого прохода (один проход равен 0,06 м^2 обработанной поверхности). В производственных условиях детали обрабатывались на токарных многорезцовых полуавтоматах мод. 1А730 Новосибирского станкозавода. В наладке одновременно работало 6 проходных резцов.

Оборудование, измерительные приборы и аппаратура, использованные в исследованиях, подвергались проверке на соответствие требованиям ГОСТ и технических условий.

Математическая обработка экспериментальных данных и другие расчеты производились по стандартным и специальным программам на ЭВМ "Наири-3".

В третьей главе приведены данные по обрабатываемым чугунам и инструменту.

Исследуемые чугуны с пластинчатой формой графита были получены путем дополнительного легирования базового перлитного чугуна СЧ 24-44 никелем, молибденом, медью, хромом, фосфором и модифицирования оловом, сурьмой, бором, редкоземельными металлами. В том числе 8 марок перлитных чугунов (при суммарном содержании Ni, Mo, Cu - до 2,5% и модифицировании), 6 марок бейнито-аустенитных чугунов (при суммарном содержании Ni, Mo, Cu - 3...3,5%) и 5 марок аустенито-мартенситных чугунов (при суммарном содержании Ni, Mo, Cu более 4,5% и модифицировании). Химический состав и структура обуславливали значения твердости для различных чугунов от 156 до 265 НВ.

Заготовки типа втулок, отлитые в песчано-глинистые формы, имели толщину стенок не более 30 мм, что обеспечивало однородность структуры и механических свойств по сечению отливок.

Основные опыты проводились резцами токарными проходными сборными с механическим креплением пластин нормальной степени точности из твердого сплава марки ВК6, пятигранной формы с отверстием и стружечными канавками и квадратной формы с задним углом (10114 и 03311 ГОСТ 19042-73). Геометрические параметры режущей части резцов приведены в табл.1.

Таблица 1.

Форма пластин	Геометрические параметры режущей части резцов					
	α°	γ°	γ_f°	φ°	φ_1°	λ°
10114	6	14	-6	45	27	6
03311	6	5	-	75	15	0

В отдельных опытах использовались пластины форм 03113, 03114, 03115, 10114 (ГОСТ 19042-73) из твердых сплавов марок ВК8, ВК6, Т5К10, Т14К8, Т15К6; пластины форм 10114, 03311 из твердого сплава марки ВК6 с износостойкими покрытиями (TiC, $TiC+TiN$, $TiC+Al_2O_3$); напаянные резцы с пластинками формы 0741 ГОСТ 2209-69 из твердого сплава марок ВК8 и ВК6.

В четвертой главе и приложении I изложены результаты исследования характера износа и определения критерия износа резцов сборных с механическим креплением многогранных пластин.

В процессе проведения стойкостных испытаний установлено,

что резцы сборные с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин при наружном продольном точении чугунов с пластинчатой формой графита и структурами металлической матрицы перлитного, бейнито-аустенитного, аустенито-мартенситного типов изнашиваются по задним и передней поверхностям. Особенностью износа резцов при точении бейнито-аустенитных и аустенито-мартенситных чугунов является большая интенсивность износа задних поверхностей и меньшая глубина лунки. При точении перлитных чугунов глубина лунки достигает значений в 2...2,5 раза больших, чем при точении других чугунов. Интенсивность нарастания износа задней поверхности резцов самая высокая при точении аустенито-мартенситных чугунов и наименьшая при точении перлитных чугунов.

Критерий износа резцов сборных, которым является ширина площадки износа задних поверхностей многогранных пластин из твердого сплава марки ВК6 - 0,8 мм, определен путем оптимизации суммарного расхода режущих пластин Q_z,

$$Q_{z\,min} = (Q_{h_3} + Q_п)_{min}, \text{ пластин/1000 дет.;} \quad (1)$$

где: Q_{h_3} - расход пластин без учета поломок и сколов;

$Q_п$ - расход пластин только по поломкам и сколам, частота которых, в свою очередь, зависит от величины износа пластин,

$$Q_п = \psi(h_3), \text{ пластин/1000 деталей.} \quad (2)$$

Для определения зависимости (2) был проведен специальный эксперимент на 25 станках, обрабатывающих гильзу цилиндров автомобиля ЗИЛ, в котором работа резцов прекращалась при значительном числе поломок режущих пластин. Обработка экспериментальных данных и технико-экономический расчет показали, что минимальный расход режущих пластин ($Q_{z\,min}$) обеспечивается при средних значениях ширины площадок износа задних поверхностей 0,78 мм. Максимальная производительность станков достигается при несколько большем износе.

В пятой главе и приложении 2 приведены результаты стойкостных исследований.

Изучение закономерностей влияния химического состава, структуры и механических свойств чугуна на стойкость резца показали наличие корреляции со стойкостью следующих параметров: содержания связанного и структурно-свободного углерода; карбидообразующих металлов (молибдена и хрома); размеров пластинок графита; содержания карбидов и мартенсита в структуре; формы перлита;

твердости чугунов по Бринеллю. Частные зависимости стойкости от этих параметров аппроксимированы функциями вида:

$$T = C_{T_i} \cdot K_i^{x}, \text{ мин;} \qquad (3)$$

где K_i – i -й параметр чугуна.

Зависимость стойкости резца от основных параметров чугуна в виде линейного многочлена имеет вид для чугунов:

– перлитных –

$$T = 388C_{св} + 286Гр + 160Si + 447P - 67Cu - 80Cr - 6HB, \text{мин;} \qquad (4)$$

–бейнито-аустенитных –

$$T = 30Гр + 15Si + 11Ni - 75Mo - 10Cr - 0,44HB, \text{ мин;} \qquad (5)$$

– аустенито-мартенситных –

$$T = 16Mn - 70C_{св} + 0,5Ni + 10Cr + 0,16HB, \text{ мин;} \qquad (6)$$

где: $C_{св}$ – связанный углерод, %; $Гр$ – свободный углерод, %; Si – кремний, %; P – фосфор, %; Cu – медь, %; Cr – хром, %; Ni – никель, %; Mo – молибден, %; Mn – марганец, %; HB – твердость по Бринеллю.

Формулы (4...6) обеспечивают получение удовлетворительных результатов в расчетах только при точении чугунов, близких к представленным в экспериментах.

Результаты экспериментов по определению влияния режима резания подтвердили монотонный характер зависимости стойкости от скорости резания при наружном продольном точении чугунов с различными структурами металлической матрицы в диапазоне скоростей от 45 до 220 м/мин (стойкость достигала 1450 мин.). Частные зависимости стойкости от скорости , глубины резания и подачи аппроксимированы степенными функциями. Значения постоянных и показателей степени в обобщенной формуле

$$v = C_v \cdot T^{-m} \cdot t^{-x} \cdot s^{-y}, \text{ м/мин;} \qquad (7)$$

отражающей зависимость скорости резания от стойкости резца, глубины резания и подачи при установленном критерии износа и точении различных чугунов в интервалах скоростей 45...220 м/мин, глубин резания 0,5...3,0 мм и подач 0,15...0,6 мм/об приведены в табл.2.

Таблица 2.

Чугуны	Постоянные и показатели степени			
	C_v	m	x	y
Перлитный	217	0,237	0,219	0,314
Бейнито-аустенитный	142	0,279	0,201	0,372
Аустенито-мартенситный	133	0,270	0,183	0,319

Уровень скоростей резания при точении бейнито-аустенитных и аустенито-мартенситных чугунов на 40...45% ниже, чем при точении перлитных чугунов.

Факторное планирование эксперимента по плану "латинский квадрат" с варьированием переменных на трех уровнях для определения постоянной и показателей степени при известном, степенном, типе функции, отражающей зависимость стойкости от скорости, глубины резания и подачи, обеспечивает результаты по скорости резания, отличающиеся от результатов однофакторного эксперимента на 6...13% (меньшая разница при больших стойкостях).

Наличие литейной корки приводит к снижению скорости резания при точении перлитных, бейнито-аустенитных и аустенито-мартенситных чугунов на 24, 16 и 19% соответственно.

Применение водной смазочно-охлаждающей жидкости (5% Укринол-1) обеспечивает повышение стойкости на 80...240%. С увеличением скорости резания эффективность СОЖ возрастает.

При точении чугунов с пластинчатой формой графита стойкость многогранных пластин из различных марок твердого сплава составляет: ВК6 - 100%; ВК8 - 52%; Т5К10 - 45%; Т14К8 - 78%; Т15К6 - 70%.

Стойкость различных форм многогранных пластин с отверстием составляет: пластины пятигранные со стружечными канавками - 100%; пластины квадратные без стружечных канавок 94%; квадратные со стружечными канавками с одной стороны - 77%; квадратные со стружечными канавками с двух сторон - 66%; правильные трехгранные со стружечными канавками - 60%.

Округление режущих кромок многогранных твердосплавных пластин (на виброабразивной установке 4ОП-11567Б-ЗИЛ; в среде абразивных тел КФ-15; с амплитудой 0,8 мм; при частоте 30 колебаний в секунду) до величины радиуса округления 20 мкм обеспечивает повышение стойкости пластин на 25...30%.

Проведенные исследования позволили разработать развернутую формулу для расчета скорости резания при наружном продольном точении чугунов с пластинчатой формой графита и различными структурами металлической матрицы в виде:

$$v = C_v \cdot T^{-m} \cdot t^{-x} \cdot s^{-y} \cdot K_{Ссв} \cdot K_{гр} \cdot K_к \cdot K_{рг} \cdot K_{м+к} \cdot$$

$$\cdot K_п \cdot K_{нв} \cdot K_{лк} \cdot K_ж \cdot K_{тс} \cdot K_{фп} \cdot K_ρ \text{ , м/мин;} \qquad (8)$$

где поправочные коэффициенты на: содержание связанного углерода – $K_{Ссв}$; содержание структурно-свободного углерода – $K_{гр}$; карбидообразующих металлов – $K_к$; размеров включений графита – $K_{рг}$; содержания карбидов и мартенсита в структуре – $K_{м+к}$; формы перлита – $K_п$; твердости чугунов по Бринеллю – $K_{нв}$; наличия литейной корки – $K_{лк}$; водной смазочно-охлаждающей жидкости – $K_ж$; применяемой марки твердого сплава – $K_{тс}$; формы многогранных пластин – $K_{фп}$; округления режущих кромок – $K_ρ$

В шестой главе показаны исследования вопросов механизма износа твердосплавных резцов при точении чугунов.

В основу методики положено исследование продуктов износа резца на обработанной поверхности, поверхности резания, опорной стороне стружки обрабатываемого чугуна, изношенных площадках резца и сечениях этих площадок с использованием рентгеновского микроанализатора "Камека MS-46", растрового электронного микроскопа (РЭМ) "Стереоскан – 2А" и рентгеновского дифрактометра "УРС- 60"

Количественный химический анализ проводился для элементов инструментального материала (W и Co) на поверхностях обрабатываемого металла и элементов обрабатываемого металла (Fe , Si , Ni , Mo , Cu) на поверхностях износа режущих пластин. Концентрация i -го элемента (C_i) в N -компонентной системе определяется из отношения интенсивности его характеристического излучения в эталоне ($J_{эт}$) и образце (J_i) по формуле:

$$C_i = \frac{K_i}{f_i \cdot (C_1, C_2, C_3, C_4)}, \quad \text{где:} \quad K_i = \frac{J_i}{J_{эт}}, \qquad (9)$$

а $f_i(C_1, C_2, C_3, C_4)$ - поправочная функция на различие в торможении и рассеивании возбуждающих электронов в анализируемом и эталонном веществе (C_1), различие в поглощении характеристического излучения (C_2), вторичное возбуждение анализируемого элемента характеристическими излучениями других элементов образца (C_3), вторичное возбуждение анализируемого элемента непрерывным (тормозным) спектром (C_4).

Наряду с локальным анализом продуктов износа проводился микрорентгеноспектральный анализ больших участков обработанной поверхности (методом непрерывного сканирования развернутым электронным пучком) для накопления статистических данных и последующего определения интенсивности нарастания износа резца.

Исследования проводились при точении перлитного и аустенито-мартенситного чугунов в диапазоне скоростей резания 20...220 м/мин, глубин резания 0,5...3,0 мм и подач 0,I5...0,6 мм/об, без литейной корки и СОЖ.

Проведенные исследования показали, что продукты износа в виде частиц инструментального материала имеются на поверхностях обрабатываемого металла, контактировавших с режущей частью резца (обработанной поверхности, поверхности резания, опорной стороне стружки) при всех исследованных режимах резания. Размеры частиц продуктов износа колеблются от 0,7 до I3 мкм (0,5... I00 мкм^2 по площади), распределены частицы неравномерно. Расстояние между ними колеблется от нескольких микрон до нескольких миллиметров. С увеличением скорости резания увеличивается количество частиц, унесенных обрабатываемым металлом, становится более дисперсной основная масса продуктов износа и увеличиваются размеры отдельных максимальных частиц. Частицы продуктов износа могут содержать одновременно вольфрам и кобальт или только вольфрам. Отдельных частиц, содержащих только кобальт не зафиксировано.

На площадках износа резца имеются налипы, содержащие все элементы обрабатываемого металла. Попытки отделить налип, как правило, приводят к повреждению твердого сплава. Интенсивность характеристического излучения K_α-Fe на площадках износа, там где отсутствуют явные следы налипов, не снижается до нуля, что указывает на наличие обрабатываемого металла в порах твердого сплава изношенной поверхности. На площадках износа видны следы вырывов частиц твердого сплава.

В сечении изношенных площадок резца, при переходе от налипшего металла к твердому сплаву, наблюдаются скачки характеристических излучений L_α-W, K_α-Co, K_α-Fe. Диффузионной зоны не обнаружено.

Масса продуктов износа резца, зафиксированных при проведении микрорентгеноспектрального анализа непрерывным сканированием больших участков обработанной поверхности перлитных и аустенито-мартенситных чугунов, отнесенная к единице площади, коррелирует с расчитанной по линейным параметрам износа интенсивностью нарастания износа при проведении стойкостных испытаний.

Полученные результаты указывают на то, что износ твердосплавных резцов при точении чугунов с пластинчатой формой графита и различными структурами металлической матрицы определяется, в основном, переносом материала инструмента на контактирующие с ним поверхности обрабатываемого металла в виде мелкодиспергированных частиц продуктов износа при предопределяющей роли явлений адгезии.

Одним из путей повышения износостойкости резцов является уменьшение сил адгезионного взаимодействия в зоне контакта резца с обрабатываемым металлом путем нанесения на рабочие поверхности резцов высокотвердых покрытий из карбидов, нитридов и окислов металлов. Стойкость многогранных пластин с покрытием карбидами титана (TiC) выше стойкости пластин базового твердого сплава марки ВК6 при точении перлитных чугунов в 1,8...2,5 раза, бейнито-аустенитных - в 2,5...3,5 раза, аустенито-мартенситных - до 5 раз. Стойкость пластин с двухслойным покрытием $TiC+TiN$ близка к стойкости пластин с покрытием TiC, а с покрытием TiC + Al_2O_3 на 20...80% выше стойкости пластин с покрытием TiC.

<u>В седьмой главе и приложении 3</u> приведены результаты исследований по определению влияния на составляющие силу резания обрабатываемого чугуна, режима резания, геометрических параметров режущей части резца (α, γ, R, ρ), износа резца, износостойкого покрытия и водных смазочно-охлаждающих жидкостей.

Показано, что увеличение содержания в структуре чугуна графита и увеличение размеров его пластин приводит к уменьшению силы резания. Зависимости составляющих силу резания от твердости по Бринеллю чугунов аппроксимированы степенными функциями:

$$P_z=79\cdot(HB\cdot10^{-2})^{0,43};\ P_y=23\cdot(HB\cdot10^{-2})^{0,86};\ P_x=18\cdot(HB\cdot10^{-2})^{0,68};\ \text{Н}. \quad (10)$$

Характер зависимостей составляющих силу резания от скорости, глубины резания, подачи и условий резания идентичен при точении чугунов с различными структурами металлической матрицы.

Составляющие силу резания с увеличением скорости резания сначала увеличиваются, достигая максимума при скоростях 40...70 м/мин, затем уменьшаются. С увеличением глубины резания и подачи сила резания монотонно увеличивается. Эти зависимости аппроксимированы степенными функциями.

Изнашивание резца приводит к увеличению силы резания. Зависимости составляющих силу резания от износа резца ($h_з$) имеют вид:

$$P_{zh}=P_z+0{,}28\cdot P_z\cdot h_з;\quad P_{yh}=P_y\cdot 1{,}8\cdot h_з^{0{,}64};\quad P_{xh}=P_x+1{,}6\cdot P_x\cdot h_з;\ \text{Н}. \qquad (11)$$

где: P_z , P_y , P_x – составляющие силу резания при точении незатупленным резцом.

При ширине площадки износа 0,8 мм силы увеличиваются: окружная на 25%; радиальная на 55%; осевая на 110%.

Округление режущих кромок многогранных пластин увеличивает радиальную и осевую составляющие силу резания при величине радиуса округления более 40 мкм.

Водные смазочно-охлаждающие жидкости ЭТ-2 и Укринол-1 5%-й концентрации одинаково приводят к уменьшению составляющих силу резания при точении со скоростью резания 80 м/мин (окружной на 5...15%, радиальной на 6...9%, осевой на 8...20%) и не оказывают заметного влияния на силу резания при скорости 8 м/мин.

Износостойкое покрытие твердосплавных пластин (TiC), практически, не оказывает влияния на силу резания.

Проведенные исследования позволили разработать развернутую формулу для расчета составляющих силу резания при наружном продольном точении чугунов с различными структурами металлической матрицы в виде:

$$P_z, P_y, P_x = C_{P_i}\cdot t^{x_p}\cdot s^{y_p}\cdot K_{pHB}\cdot K_{pv}\cdot K_{p\gamma}\cdot K_{pR}\cdot K_{ph_з}\cdot K_{pж}\cdot K_{ph},\ \text{Н}; \qquad (12)$$

где поправочные коэффициенты на: твердость по Бринеллю – K_{pHB} ; скорость резания – K_{pv} ; величину переднего угла – $K_{p\gamma}$; радиус при вершине – K_{pR} ; износ резца – K_{ph} ; наличие водной смазочно-охлаждающей жидкости – $K_{pж}$.

В восьмой главе изложены результаты исследований по определению влияния на шероховатость обработанной поверхности чугунов режима резания, износа резца, округления режущих кромок и износостойкого покрытия многогранных твердосплавных пластин, обрабатываемого металла и водных СОЖ.

Показано, что шероховатость обработанной поверхности в зависимости от условий резания изменяется, в основном, одинаково при точении чугунов с различными структурами металлической матрицы. Например, с увеличением скорости резания шероховатость обработанной поверхности, измеренная в направлении вектора подачи, сначала увеличивается, достигая максимума при скоростях I0...30 м/мин, затем уменьшается; шероховатость, измеренная в направлении вектора скорости резания, с ростом скорости резания монотонно уменьшается. Глубина резания влияет на шероховатость обработанной поверхности только при ее значениях менее 0,2 мм, при этом, с уменьшением глубины резания шероховатость обработанной поверхности перлитных чугунов увеличивается, а бейнито-аустенитных уменьшается. Увеличение подачи приводит к увеличению шероховатости обработанной поверхности. Округление режущих кромок многогранных пластин приводит к уменьшению шероховатости обработанной поверхности. Изнашивание резца обуславливает некоторое увеличение шероховатости обработанной поверхности. Износостойкое покрытие (TiC) не оказывает существенного влияния на шероховатость обработанной поверхности при подачах более 0,I мм и увеличивает ее при меньших подачах. Увеличение размеров пластинок графита, наличие значительного количества твердых включений в структуре чугунов (карбидов, фосфидов) и уменьшение дисперсности перлита обуславливают увеличение шероховатости обработанной поверхности. Водные смазочно-охлаждающие жидкости, практически, не оказывают влияния на шероховатость обработанной поверхности перлитных и бейнито-аустенитных чугунов и незначительно уменьшают шероховатость обработанной поверхности аустенито-мартенситных чугунов.

В девятой главе и приложении 4 приведен расчет экономической эффективности от внедрения результатов исследований, выполненный в соответствии с "Методикой определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений (основные положения)", утвержденной I4.02.I977г., за № I4/I6/I3/3.

В расчете показано, что внедрение результатов исследований в объеме Московского автомобильного завода им. И.А.Лихачева /производственное объединение ЗИЛ/ обеспечит экономию 296 тыс. рублей в год.

Годовой экономический эффект от частичного внедрения результатов исследований на Московском автомобильном заводе им. И.А.Лихачева составил 161 тыс. рублей.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработаны общая и специальные методики, позволившие решить поставленные вопросы исследования обрабатываемости чугунов с пластинчатой формой графита со структурами металлической матрицы перлитного, бейнито-аустенитного, аустенито-мартенситного типов, исследования механизма износа твердосплавных резцов и оптимизации расхода резцов сборных с механическим креплением многогранных пластин.

2. Резцы токарные проходные сборные с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин изнашиваются по задним и передней поверхностям при точении всех исследованных чугунов. Особенностью износа при точении бейнито-аустенитных и аустенито-мартенситных чугунов является большая интенсивность износа задних поверхностей и меньшая глубина лунки.

3. Износ твердосплавных резцов при точении чугунов с пластинчатой формой графита протекает, в основном, путем переноса материала инструмента на контактирующие с ним поверхности обрабатываемого металла в виде мелкодиспергированных частиц продуктов износа при предопределяющей роли явлений адгезии. Одним из путей снижения сил адгезионного взаимодействия между инструментом и обрабатываемым металлом в зоне их контакта, обуславливающим значительное повышение стойкости резцов сборных с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин, является нанесение на рабочие поверхности режущих пластин высокотвердых покрытий из карбидов, нитридов и окислов металлов.

4. Критерий износа резцов с механическим креплением многогранных пластин устанавливается путем технико-экономических расчетов на основе закономерностей изнашивания и разрушения пластин. Критерием износа резцов с пластинками ВК6 является максимальная

ширина площадки износа задней поверхности 0,8 мм.

5. Зависимость стойкости резца от параметров химического состава, структуры и механических свойств чугуна, при аппроксимации ее в виде линейного многочлена, обеспечивает удовлетворительные результаты только при точении чугунов, близких к представленным в экспериментах. Частные зависимости стойкости резца от этих параметров аппроксимируются степенными формулами.

Зависимость стойкости резца от скорости резания имеет монотонный характер в широком интервале скоростей резания при точении чугунов с различными структурами металлической матрицы. Влияние на стойкость резца литейной корки, водных СОЖ, марки твердого сплава, формы, округления режущих кромок и износостойких покрытий многогранных пластин, принципиально, одинаково при точении чугунов с перлитной, бейнито-аустенитной, аустенито-мартенситной структурами металлической матрицы.

6. Резервом для повышения стойкости резцов сборных является виброабразивное округление режущих кромок многогранных твердосплавных пластин, применение многогранных пластин с износостойкими покрытиями (TiC, $TiC+TiN$, $TiC+Al_2O_3$) и применение водных смазочно-охлаждающих жидкостей.

7. Влияние на составляющие силу резания режима резания, геометрических параметров режущей части, износа, износостойких покрытий резца и водных смазочно-охлаждающих жидкостей, в основном, идентично при точении чугунов с различными структурами металлической матрицы.

8. К уменьшению шероховатости обработанной поверхности при точении чугунов с различными структурами металлической матрицы приводят: повышение скорости резания (при ее значениях более 50 м/мин); уменьшение подачи; округление режущих кромок многогранных твердосплавных пластин; уменьшение размеров пластинок графита и уменьшения количества твердых включений (карбидов и фосфидов) в структуре чугуна.

9. Полученные эмпирические формулы позволяют определить скорость и составляющие силу резания при наружном продольном точении чугунов с пластинчатой формой графита со структурами металлической матрицы перлитного, бейнито-аустенитного, аустенито-мартенситного типов с учетом их химического состава, структуры, механических свойств и условий резания.

Печатные работы автора по теме диссертации:

I. Пути повышения стойкости неперетачиваемых твердосплавных пластин. (В соавторстве с Е.К.Зверевым, Л.Б.Цейтлиным, Г.Б.Ивановым, С.С.Евстратовым)."Автомобильная промышленность",№II,I973,34-35

2. Определение оптимальных условий токарной обработки деталей из серого и ковкого чугунов."П научно-техническая конференция ученых и специалистов".Тезисы докл.М., СИЦпоТА, I974, с.3-4.

3. Исследование режущих свойств пластин с покрытием карбидом титана."П научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов". Тезисы докладов. М.,СИЦ по ТА, I974, с.4-5.

4, Режущие свойства неперетачиваемых твердосплавных пластин, покрытым карбидом титана.(В соавторстве с Е.К.Зверевым). Сб. "Надежность режущего инструмента". Киев-Донецк, "Высшая школа", вып.2, I975, с.I92-I95.

5. Влияние геометрических параметров неперетачиваемых пластин на их стойкость при точении чугунов.(В соавторстве с В.В.Сорокиным)."Ш научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов". Тезисы докладов.М., СИЦ по ТА, I975, с.49-52.

6. Обрабатываемость резанием чугунов с пластинчатой формой графита."Повышение производительности и эффективности обработки материалов резанием". Тезисы докладов.М.,МДНТП, I975, с.36-4I.

7. Режущие свойства твердосплавных неперетачиваемых пластин с износостойкими покрытиями.(В соавторстве с Л.Б.Цейтлиным, М.А. Кормильцевой)"Повышение производительности и эффективности обработки материалов резанием",Тезисы докл. М.,МДНТП, I975, с.20-29.

8."Исследование обрабатываемости различных чугунов"(отчет, рук. и отв. исполн. Колесниченко В.Д.).№№ тем 7477, 7467, инв.№ Б 535040, М., ЗИЛ, I975-I976, кн.I -55 с., кн.2 -58 с.

9. Исследование износа твердосплавных резцов при точении чугунов с пластинчатой формой графита.(В соавторстве с Г.И.Грановским, В.Д.Кальнером, Е.К.Зверевым, Б.С.Старокожевым). "Вестник машиностроения". I977, №I0, с.65-69.

I0. Критерий износа резцов с механическим креплением многогранных пластин."Технология автомобилестроения", I979,(в печати).

Л.70486 зил цкмл зак.366-I00