МАШИНОСТРОЕНИЕ
MECHANICAL ENGINEERING

Пронин А. И., Щелкунов Е. Б., Виноградов С. В., Щелкунова М. Е., Мыльников В. В.
A. I. Pronin, Ye. B. Shchelkunov, S. V. Vinogradov, M. Ye. Shchelkunova, V. V. Mylnikov

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ
ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ ТОЧЕНИЕМ**

INVESTIGATION OF CUTTING FORCE IN HARDENED STEEL TURNING

Пронин Александр Иннокентьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Комсомольский на Амуре государственный технический университет» (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: mdsov@knastu.ru.

Mr. Alexander I. Pronin – PhD in Engineering, Associate Professor, Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: mdsov@knastu.ru.

Щелкунов Евгений Борисович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Комсомольский на Амуре государственный технический университет», (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: ktm@knastu.ru.

Mr. Yevgeny B. Shchelkunov – PhD in Engineering, Associate Professor, Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: ktm@knastu.ru.

Виноградов Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Комсомольский на Амуре государственный технический университет» (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: sergwin72@rambler.ru.

Mr. Sergey V. Vinogradov – PhD in Engineering, Associate Professor, Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: sergwin72@rambler.ru.

Щелкунова Марина Евгеньевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ» ФГБОУ ВО «Комсомольский на Амуре государственный технический университет» (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: kmopevm@knastu.ru.

Ms. Marina Ye. Shchelkunova – PhD in Engineering, Associate Professor, Software and computer application Department, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: kmopevm@knastu.ru.

Мыльников Владимир Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология металлов» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева» (Россия, г. Нижний Новгород).

Mr. Vladimir V. Mylnikov – PhD in Engineering, Associate Professor, Metal Technology Department, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (Russia, Nizhny Novgorod).

Аннотация. В работе представлены результаты влияния параметров обработки величины скорости резания и подачи на составляющие силы резания при точении закаленной стали марок 45, 40X, 50X, ХВГ твердостью 45..50 HRC инструментом, оснащенным режущей керамикой ВОК-60. Для проведения экспериментального исследования был использован лабораторный стенд, включающий в себя токарно-винторезный станок 1К625 и измерительное устройство модели STD.201-2. Установлено наличие диапазона скоростей резания обеспечивающих минимальные значения величин составляющих сил резания.

Summary. The paper presents results of the processing parameter effect, i.e. the magnitude of cutting speed and cutting force component feed in turning of hardened steel grades 45, 40X, 50X, CVH hardness 45..50 HRC with the help of the tool equipped with cutting ceramics EQA-60. The laboratory bench has been used for experimental studies, including a screw-cutting lathe 1K625 and the measuring device STD.201-2. The presence of the cutting speed range providing the minimum magnitude of the cutting force components is established.

Ключевые слова: режущая керамика, закаленная сталь, резец, твердое точение, скорость резания, подача резания, сила резания.

Key words: cutting ceramics, hardened steel, cutter, hard turning, cutting speed, cutting feed, cutting force.

УДК 621.9.02

Введение

Одной из важных задач, стоящих перед современными машиностроительными предприятиями, является внедрение прогрессивных методов обработки резанием, позволяющих обеспечить выпуск конкурентоспособной продукции, отвечающей требованиям минимальной себестоимости и высокого качества выпускаемых изделий. К таким методам относится твердое точение – токарная обработка стальных заготовок, закаленных до твердости 45..50 HRC.

Повышенный интерес к твердому точению объясняется тем, что эта технология позволяет существенно повысить производительность обработки закаленных сталей, а также, добиться точности и шероховатости обработанных поверхностей, получаемых при шлифовании.

Цель работы состоит в исследовании влияния параметров обработки, при которых наблюдаются признаки твердого точения на составляющие силы резания.

Методика проведения исследования

Для проведения экспериментального исследования был использован лабораторный стенд модели STD.201-2, включающий в себя корпус – головку резцедержатель с расположенным в нем комплектом измерительных преобразователей (динамометров), служащих для регистрации составляющих силы резания осевой F_x , радиальной F_y и тангенциальной F_z , интерфейсный блок для преобразования регистрируемых данных в формат high-speed USB 2.0 и передачи их в ЭВМ.

Стенд модели STD.201-2 был установлен на суппорт токарно-винторезного станка модели 1K625.

При проведении экспериментального исследования использовались проходные резцы с механическим креплением сменных многогранных пластин трехгранной формы класса U из режущей керамики марки ВОК-60. Геометрические параметры резцов: передний угол $\gamma = -8^\circ$; задний угол $\alpha = 8^\circ$; угол наклона режущей кромки $\lambda = 5^\circ$; длина режущей кромки $l = 16,5$ мм; толщина режущей пластины $s = 4,76$ мм; радиус при вершине $r = 0,8$ мм.

Эксперименты проводились на закаленных до 40...50 HRC заготовках диаметром 110 мм, длиной 350 мм, изготовленных из стали марок: 45, 40X, 50X, ХВГ.

Для проведения эксперимента заготовка зажималась в 3-х-кулачковом патроне станка 1K625 и поджималась задним центром. Резец устанавливался в резцедержателе станда STD.201-2.

Обработка проводилась в диапазоне скоростей и подач, обоснованных ранее в работах [1; 2; 3].

Для минимизации влияния износа режущей пластины на результаты исследования перед каждым проходом производилась смена режущей кромки пластины.

В процессе резания фиксировались составляющие силы резания по осям X , Y , Z в виде осциллограмм с частотой дискретизации 25 000 Гц и сохранялись в виде файлов формата xls.

По полученным значениям строились зависимости средних значений составляющих силы резания от скорости резания и подачи.

Результаты экспериментов и их обсуждение

Результаты исследования показали, что зависимости силы резания от скорости резания имеют схожий экспоненциальный характер, проявляющийся в виде тенденции к уменьшению составляющих силы резания до определенного минимума с дальнейшим возрастанием.

В диапазоне скоростей резания, при которых наблюдаются минимальные значения составляющих силы резания, проявляются признаки высокоскоростного твердого точения, сопровождающегося выделением большого количества тепла, переходящего в стружку (см. рис. 1) и снижением сил резания из-за пластификации (разупрочнения) поверхностного слоя обрабатываемой заготовки.

Рис. 1. Обработка закаленной стали 40X при подаче $S_0 = 0,07$ мм/об и глубине резания $t = 0,2$ мм

На рис. 2 представлена зависимость составляющих силы резания, полученная при обработке стали 40X. Все составляющие силы резания имеют минимальное значение в диапазоне скоростей резания 370...400 м/мин.

Рис. 2. Зависимость составляющих силы резания от скорости резания при обработке стали 40X при подаче $S_0 = 0,07$ мм/об и глубине резания $t = 0,2$ мм

Исследование зависимости силы резания от подачи показали, что между составляющими силы резания и подачей существует прямая линейная зависимость, что согласуется с классическими представлениями теории резания. С увеличением величины подачи сечение стружки увеличивается, поэтому металл сопротивляется разрыву больше и требует больших усилий для удаления стружки. На рис. 3 представлены зависимости составляющих силы резания от подачи на оборот S_0 при точении стали 40X со скоростью резания $V = 390$ м/мин. Радиальная составляющая силы резания доминирует над другими составляющими.

Рис. 3. Зависимость составляющих силы резания от скорости подачи при обработке стали 40X при скорости резания $V = 390$ м/мин и глубине резания $t = 0,2$ мм

Заключение

В ходе исследования зависимости силы резания от скорости резания и величины подачи при «твердом точении» выявлен диапазон скоростей резания закаленных сталей с минимальными значениями составляющих силы резания, который можно считать наиболее благоприятным для обработки закаленных сталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пронин, А. И. Определение оптимальной скорости резания твердого точения с использованием сигналов акустической эмиссии / А. И. Пронин, В. В. Мыльников, Е. А. Чернышев, Д. И. Шетулов // Контроль. Диагностика. – 2014. – № 4. – С. 40-44.
2. Пронин, А. И. Причины низкой работоспособности пластин из режущей керамики при твердом точении / А. И. Пронин, В. В. Мыльников, Е. А. Чернышев // Материаловедение. – 2014. – № 5. – С.13-15.
3. Пронин, А. И. Особенности применения сверхтвёрдых материалов и режущей керамики при токарной обработке труднообрабатываемых материалов / А. И. Пронин, Б. Я. Мокрицкий, С. В. Виноградов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре гос. техн. ун-та. Науки о природе и технике. – 2010. – № II-1(2). – С. 88-92.