

Савенков И.В.,

аспирант,

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«Московский государственный технологический университет

«СТАНКИН»

(ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)

Россия, г.Москва

Научный руководитель: Исаев А.В.,

к.т.н., доцент

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ СВЕРЛЕНИЯ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ ПРИ ПОВЫШЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Аннотация: *представлен анализ проблем повышения производительности обработки отверстий в заготовках из жаропрочных сплавов в аэрокосмическом производстве. Проанализированы исследования связанные с трудностями сверления отверстий в жаропрочных сплавах, а также методы повышения работоспособности сверл.*

Ключевые слова: *сверление, обработка жаропрочных сплавов, повышение производительности.*

Abstract: *This paper presents an analysis of the improving productivity challenges when machining holes in heat-resistant alloys used in aerospace manufacturing. Researches related to the challenges of drilling holes in heat-resistant alloys are reviewed. Methods for improving drill performance are analyzed.*

Keywords: *drilling, processing of heat-resistant alloys, increased productivity.*

Введение

При повышении производительности обработки отверстий в заготовках из жаропрочных сплавов основными проблемами являются образование высоких температур в зоне резания, налипание материала на режущие кромки сверла, затрудненное удаление стружки. Вследствие этого материал заготовки начинает активно поглощать из атмосферы кислород, азот и водород, что приводит к снижению характеристик его прочности и пластичности. Это осложняет процесс обработки отверстия и приводит к неоднородности качества обработанной поверхности, чрезмерному износу режущей части сверла и, как следствие, низкой производительности.

Проблемы отраслей машиностроения

На предприятии АО «НПО Энергомаш» им. академика В.П. Глушко возникает ряд трудностей при обработке отверстий в деталях из жаропрочных сплавов, таких как «Корпус». При обработке отверстий диаметром 6 мм по 14 квалитету (рис. 1) в детали «Корпус» сталкиваются с чрезмерным износом сверла и возникновением вибраций, что приводит к разрушению инструмента. Обрабатываемый материал – титановый сплав ВТ6, подача 0.1 мм/об. Повышение производительности в аэрокосмическом производстве является актуальной задачей в связи с постоянным ростом номенклатуры изготавливаемых деталей из жаропрочных сплавов.

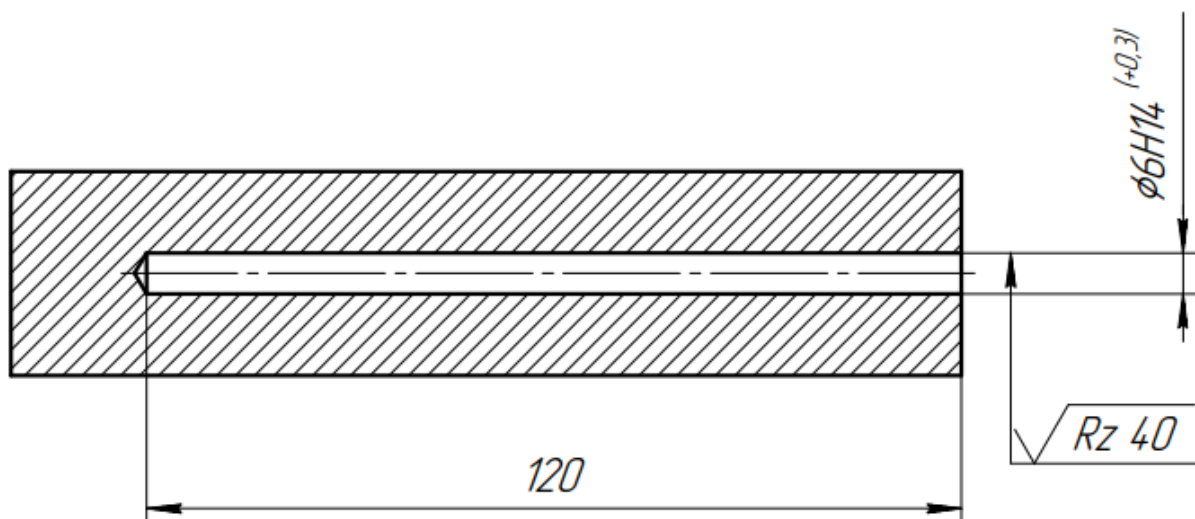


Рисунок 1. Эскиз трудного в обработке отверстия

Анализ литературных источников

По результатам исследований в статье [1] были установлены следующие факты:

1. Подтверждено, что при сверлении аустенитных сталей невозможно избежать высокого уровня упрочнения материала в зоне резания;
2. Выявлено, что величина подачи оказывает более значительное влияние на процесс резания, чем скорость резания;
3. Установлено, что острые режущие кромки существенно снижают уровень упрочнения материала, поэтому для эффективного сверления необходимо чаще перетачивать цельные сверла.

В статье [2] установлено:

1. Установлено, что температура сверления значительно повышается с увеличением скорости резания с любым углом при вершине сверла.
2. Сверло с углом при вершине 80° показало наименьшую температуру сверления, а сверло, обладающее углом при вершине равным 118° , показало самую высокую температуру сверления при обработке заготовки из жаропрочных сплавов.

Статья [3] посвящена исследованию процесса формирования стружки при сверлении нержавеющей стали AISI 316L с использованием твердосплавного сверла. Автор анализирует, как различные параметры резания (скорость и подача) и износ инструмента влияют на форму и размеры стружки:

- Форма стружки существенно влияет на эффективность сверления.
- Непрерывная стружка может вызывать вибрации и ухудшать качество поверхности.
- Меньший износ инструмента способствует образованию плотной стружки, тогда как больший износ приводит к формированию ленточной стружки.

В статье [4] автор исследует процесс сверления жаропрочной аустенитной нержавеющей стали. Целью работы является повышение

термостойкости инструмента. Исследование сосредоточено на двух конструктивных параметрах спиральных сверл: Z2 (2 зуба) и Z3 (3 зуба). Разница в силе резания достигает для Z3 36% при подаче $s = 0,025$ мм/об, и для Z2 24% при $s = 0,05$ мм/об.

В диссертации Чернышова М.О. [5] представлены результаты исследования напряженного состояния сменных режущих твердосплавных головок сборных сверл. Показано влияние конструктивных параметров сменных режущих головок на напряжения и деформации, возникающие в процессе резания. Приведены разработанные конструкции режущих головок повышенной прочности с главной режущей кромкой, формируемой участками прямых, с различными углами в плане ϕ на каждом участке, что позволяет снизить опасные напряжения растяжения на периферийной части сменной режущей твердосплавной головки.

В диссертации Баканова А.А. [6] предоставлена методика повышения работоспособности сборных сверл с СМП при сверлении железнодорожных рельсов путем оптимизации геометрических параметров СМП и усовершенствования конструкции корпуса сверла по критерию минимизации составляющих силы резания, действующих на сверло.

Способ заключается в уменьшении суммарной силы резания (суммируются составляющие по осям y и z) за счет взаимного угла разворота пластин на угол ψ .

В диссертации Костив В.М. [7] экспериментально установлено, что любой инструментальный твердый сплав в зависимости от температуры резания находится в одном из трех состояний: хрупком, хрупко-пластическом, пластическом. Разработана методика определения температуры максимальной работоспособности режущих элементов из твердых сплавов по зависимостям ударной вязкости и логарифма твердости от температуры, а также разработан способ определения оптимальной скорости резания по зависимостям ударной вязкости и логарифма твердости от температуры.

В статье Артамонов М.О. [8] экспериментально установлено, что изменение формы вспомогательной режущей кромки с прямолинейной на криволинейную позволило:

- Снизить силы P_z резания;
- Увеличить работоспособность пластины;

Доказано, что увеличение угла при вершине позволяет снизить величину опасных напряжений растяжения и повысить работоспособность сменных пластин.

В диссертации Артамонов М.О. [9] представлены результаты исследований:

- Влияния схем базирования и крепления сменных многогранных пластин;
- Влияния линейных размеров сменных многогранных пластин;
- Влияния формы передней поверхности пластин.

Так же предоставлены методы установки законов распределения температур на контактных поверхностях инструмента.

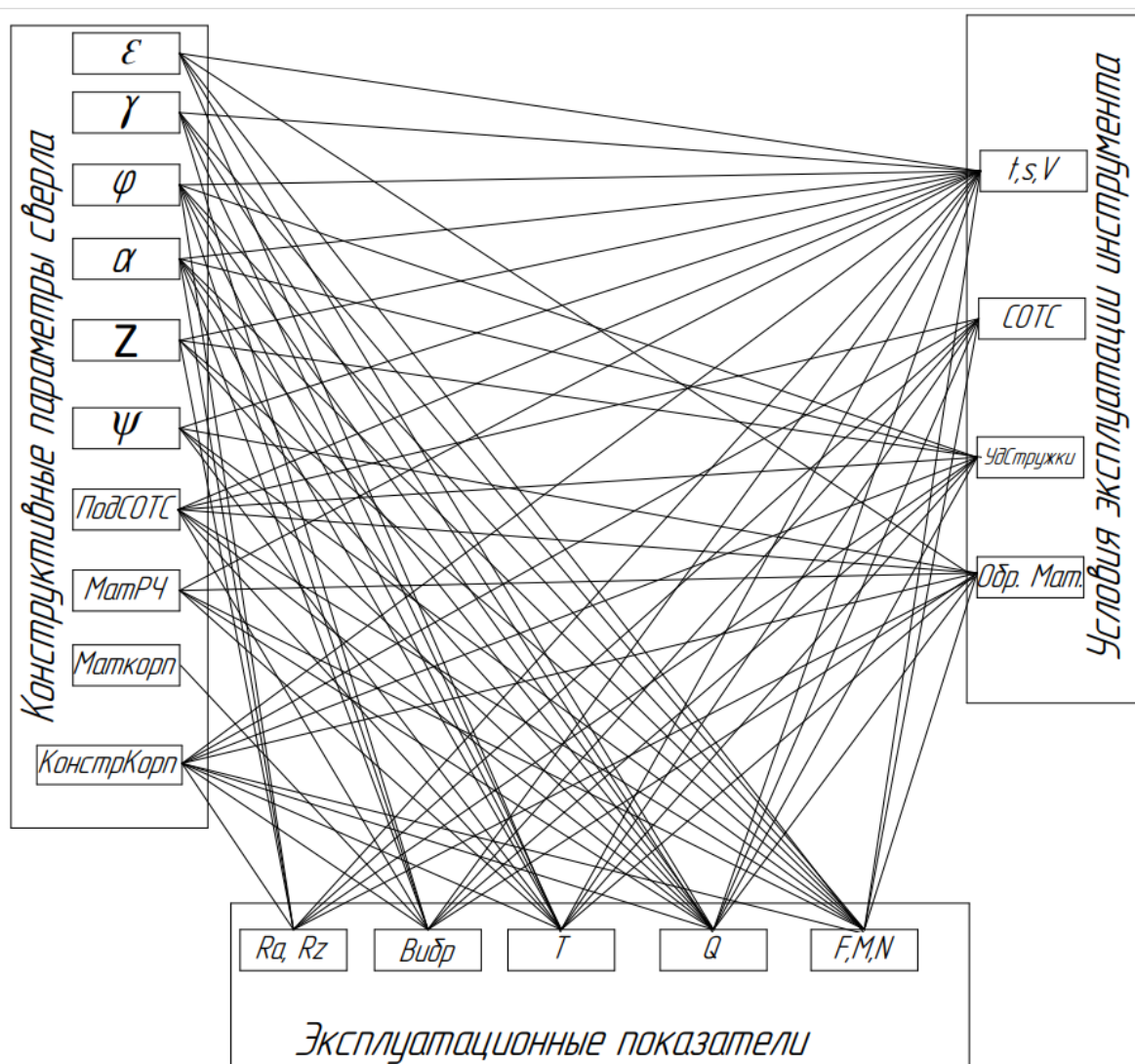


Рисунок 2. Модель функциональных взаимосвязей

Модель в виде гиперграфа [10], описывающая функциональные связи факторов и показателей процесса сверления жаропрочных сплавов на основе данных анализа, предоставлена на рисунке 2.

- Левая колонка описывает конструктивные параметры сверла (ε – угол при вершине пластины, γ – передний угол, φ – главный угол в плане, α – задний угол, z – число зубьев, ψ – угол разворота пластин).
- Правая колонка описывает параметры эксплуатации сверла (режимы резания, смазочно – охлаждающая технологическая среда, удаление стружки, обрабатываемый материал).

- Нижний блок это выходные параметры (отклики), которые зависят от конструкции сверла и условий эксплуатации.

При помощи графовой модели, будет произведен выбор параметров факторов, для проведения полно факторного эксперимента. По результатам проведения серий экспериментов будут выявлены рациональные параметры сверла для обработки отверстий в заготовках из жаропрочных сплавов.

Заключение

В результате проведения анализа сделаны следующие выводы:

Подтверждено, что при обработке жаропрочных сплавов невозможно избежать высокого уровня упрочнения материала в зоне резания, что существенно влияет на качество обработки и износ инструмента.

Установлены различные состояния материала режущих пластин в зависимости от температуры в зоне резания.

Для предотвращения преждевременного износа сверл следует уделять внимание величинам геометрических параметров, а именно главного угла в плане ϕ для обеспечения наилучшего врезания, заднего угла α для минимизации силы трения инструмента о заготовку. Влияние угла при вершине ϵ на воздействие опасных напряжений.

Установлено, что оптимизация режимов резания благоприятно влияет на температуру в зоне резания и отвод стружки и, как следствие, производительность обработки.

Для решения трудностей и повышения производительности обработки отверстий диаметром 6 мм в заготовках из титановых сплавов, на предприятии АО «НПО Энергомаш». Предлагается с учетом полученных данных в ходе аналитической составляющей, разработать сборное сверло со сменной твердосплавной головкой.

Использованные источники:

1. Dolinšek S. Work-hardening in the drilling of austenitic stainless steels // Journal of Materials Processing Technology. 2003. Vol. 133, No. 1–2. P. 63–70.
2. Vas J. S., Fernandes A., D'Souza A., Rai A., Quadros J. D. Analysis of temperature changes during dry drilling of austenitic stainless steels on twist drills having different point angles // Journal of Mechanical Engineering and Automation. 2016. Vol. 6, No. 5A. P. 121–125.
3. Sultan A. Z., Sharif S., Kurniawan D. Chip Formation When Drilling AISI 316L Stainless Steel using Carbide Twist Drill // Procedia Manufacturing. 2015. Vol. 2. P. 224–229.
4. Arif, R., Fromentin, G., Rossi, F., Marcon, B., Blandenet, P. Mechanical study in drilling of heat resistant austenitic stainless steel // Procedia CIRP. — 2018. — Vol. 77. — P. 425–428. — DOI: 10.1016/j.procir.2018.08.292.
5. Чернышов М. О. Повышение работоспособности сборных свёрл на основе исследования напряжённого состояния и прочности режущих твердосплавных элементов: дис. ... кандидата технических наук: 05.02.07 / Чернышов Михаил Олегович; [Место защиты: Юж.-Ур. гос. ун-т]. — Тюмень, 2015. — 174 с..
6. Баканов А. А. «Повышение работоспособности сборных сверл со сменными многогранными пластинами при сверлении железнодорожных рельсов» : дис. ... кандидата технических наук , 2007. - 171 с..
7. Костив В. М. Влияние механических характеристик инструментальных твёрдых сплавов на работоспособность металлорежущих инструментов: дис. ... кандидата технических наук: 05.03.01. Тюмень, 2002. 120 с..
8. Повышение работоспособности сменных режущих пластин сборных инструментов / Е. В. Артамонов, М. О. Чернышов, Т. Е. Помигалова, Д. В. Васильев // СТИН. – 2014. – № 7. – С. 19-21. – EDN OSHGBF.
9. Механика разрушения и прочность сменных режущих пластин из твердых сплавов / Е. В. Артамонов, Т. Е. Помигалова, А. М. Тверяков, М. Х.

Утешев ; под общ. редакцией М. Х. Утешева. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2013. – 148 с. – ISBN 978-5-9961-0652-3. – EDN RVXBHF.

10. Гречишников, Владимир Андреевич (1935-). Наука и искусство системного моделирования инструментального обеспечения машиностроительных производств [Текст] : монография / В. А. Гречишников. — Москва : КУРС, 2016. — 374, [1] с. : ил., портр. : 24 см.; ISBN 978-5-906818-80-5 (КУРС).