

А. Р. Ингеманссон¹, Н. А. Толстяков²

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЕЯНИЯ ТВЕРДОСТИ
КРУПНОГАБАРИТНЫХ КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВЫХ ЗАГОТОВОК
И ВЛИЯНИЯ НА ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ РЕЗАНИЕМ**

¹ АО «Федеральный научно-производственный центр «Титан-Баррикады»

² Волгоградский государственный технический университет

E-mail: aleing@yandex.ru

Работа посвящена проблеме недостатка научно обоснованных решений по обеспечению стабильности и качества обработки глубоких отверстий в условиях рассеяния твердости материала крупногабаритных поковок. Показано, что решением проблемы может служить разработка научно обоснованных рекомендаций по учету непостоянства обрабатываемости крупногабаритных заготовок на стадии технологической подготовки, а также по адаптивному управлению процессом глубокого сверления.

Ключевые слова: адаптивное управление, глубокое сверление, стабильность.

A. R. Ingemansson¹, N. A. Tolstyakov²

**RESEARCH OF HARDNESS DISPERSION IN THE LARGE-SIZED FORGING-AND-PRESS
PERFORMED BLANKS AND THE EFFECT ON THE MACHINABILITY**

¹ JSC «Federal Scientific and Production Centre «Titan-Barrikady»

² Volgograd State Technical University

The paper establishes the problem of lack of scientifically based solutions to ensure stability and quality of deep holes machining in conditions of hardness dispersion in large-sized blanks material. It was shown, that the solution to the problem could be the development of scientifically based recommendations for taking into account the inconsistency of machinability of large-sized forged blanks during stage of technological preparation of production, as well as for adaptive control of the deep drilling process.

Keywords: adaptive control, deep drilling, stability.

Обеспечение стабильности и качества технологических процессов механической обработки резанием остается актуальной задачей для современного машиностроения. Особое значение данное направление имеет для технологических систем, построенных на использовании автоматизированного оборудования с ЧПУ [1; 2].

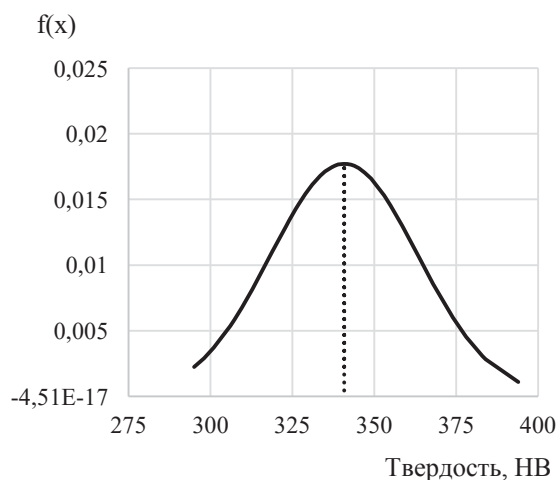
Структурная модель процесса резания подразумевает наличие входных, функциональных и выходных параметров обработки. Среди входных параметров принято выделять управляющие, определяющие и возмущающие факторы. К возмущающим параметрам, имеющим стохастический характер, относят случайные изменения физико-механических свойств инструментального и обрабатываемого материалов, припуска на обработку, статических и динамических характеристик оборудования и других [3]. Непостоянство механических свойств, которые в производственных условиях с достаточной степенью оперативности и универсальности можно оценивать по твердости, внутри партии заготовок или в пределах участков крупногабаритной заготовки оказывает влияние на изменение температурно-деформационной напряженности процесса резания. Отсюда формируется канал влияния на непостоянство функционального параметра обработки – силу резания. Таким образом, создаются предпосылки неустойчивости выходных параметров технологического процесса механической обработки резанием – периода работоспособности инструмента и качества получаемых поверхностей. Согласно статистическим данным, на участках, оснащенных автоматизированным оборудованием с ЧПУ, половина объема замены инструментов связана с преждевременной потерей их работоспособности [4].

Рассеяние свойств заготовок, получаемых обработкой давлением, определяется предшествующими стадиями технологического процесса их изготовления. Фактическое содержание легирующих элементов и неметаллических включений, степень ликвации и др. зависит от условий и методов выплавки, а также условий затвердевания кузнечных слитков. Последующие стадии обработки давлением и термообработки определяют формирование микроструктуры, макроструктуры и субструктуры [3].

Указанные сложности имеют место при обработке крупногабаритных корпусных деталей. Рассматривалась группа корпусных деталей из конструкционных легированных сталей, изготавливаемых из поковок призматической фор-

мы габаритами до 550 x 550 x 600 мм. Заготовки подвергаются объемной упрочняющей термообработке. Особенностью технологического процесса является необходимость обработки глубоких сквозных отверстий с отношением длины к диаметру отверстия до $l/d_{отв.} = 20$.

Традиционно применявшаяся технология обработки на горизонтально-расточном станке подразумевала под собой использование специальных удлиненных сверл и зенкеров длиной до 1450 мм. Перевод обработки на горизонтальный сверлильно-фрезерно-расточный станок с ЧПУ с использованием корпусных сверл с твердосплавными направляющими и режущими пластинами и внутренним подводом СОЖ под высоким давлением позволил исключить необходимость изготовления специального инструмента и повысить режимы обработки. Однако ввиду неустойчивости механических свойств по сечению крупногабаритной заготовки имеет место непостоянство стружкообразования, стойкости инструмента и качества поверхности обработанных отверстий. Таким образом, противоречие, заключающееся, с одной стороны, в необходимости обеспечения стабильности и качества обработки глубоких отверстий на автоматизированном оборудовании с ЧПУ, а с другой стороны, в непостоянстве свойств обрабатываемого материала, нестационарном характере процесса резания и недостатке научно обоснованных комплексных решений по обеспечению стабильности и качества обработки глубоких отверстий на современных многоцелевых станках с ЧПУ, формирует научную проблему, требующую решения.



Статистическое распределение случайной величины твердости материала заготовки на различных ее участках. Заготовка № 04, плавка 0054

Для изучения непостоянства механических свойств в пределах размеров крупногабаритной заготовки между заготовками одной плавки, проходившими совместную термическую обработку в одной партии, и между заготовками разных плавков были проведены следующие исследования.

Во взаимно перпендикулярных сечениях в областях заготовок, прилегающих к объемам металла, предстоящего к удалению при формо-

образовании сквозных отверстий, с постоянным шагом были измерены значения твердости. Заготовки имели габариты 550 x 550 x 600 мм. Шаг измерений обеспечивал получение по 10 групп замеров вдоль соответствующих граний заготовок. Измерения производились с использованием портативного твердомера модели «Константа КТ» («Константа», Россия). Результаты измерений, прошедшие статистическую обработку, представлены в таблице.

Результаты исследования нестабильности механических свойств в пределах размеров крупногабаритной заготовки, между заготовками одной плавки, проходившими совместную термическую обработку в одной партии, и между заготовками разных плавков

Предприятие-изготовитель	Номер плавки	Номер садки термообработки	Номер заготовки	Статистическая обработка значений твердости НВ		
				$\bar{x}$, НВ	σ , НВ	v , %
А	0051	79	№06	316	40	12,5
	0079	76	№24	276	50	18,2
	0054	68	№04	341	23	6,6
Б	7842	78	№43	308	53	17,2
	7142	71	№52	287	51	17,8
			№44	321	36	11,2
			№57	337	27	8,2
			№51	335	39	12,5

где $\bar{x}$ – среднее значение случайной величины; σ – стандартное отклонение случайной величины; v – коэффициент вариации случайной величины.

Анализ полученных данных показывает следующее.

Распределение случайной величины твердости материала заготовки на различных ее участках подчиняется закону нормального распределения (см. рисунок).

Оценка значений стандартного отклонения и коэффициента вариации значений твердости показывает имеющую место неравномерность механических свойств в пределах различных участков крупногабаритной заготовки. Коэффициент вариации достигает значения 18,2 %. (см. таблицу)

Кроме этого, непостоянство механических свойств наблюдается между заготовками одной плавки, проходившими совместную термическую обработку в одной партии, и между заготовками разных плавков. Имеет место трехкратное отличие значений коэффициента вариации твердости для заготовок (см. таблицу).

Установленный стохастический характер распределения твердости определяет неодинаковую обрабатываемость материала в пределах размеров крупногабаритной заготовки между заготовками одной плавки, проходившими со-

вместную термическую обработку в одной партии, и между заготовками разных плавков. Выявленный характер распределения твердости обрабатываемого материала определяет уровень сопротивления деформированию в зоне первичных и вторичных деформаций, уровень температур, а также характер контактного взаимодействия в зоне резания. Указанные аспекты обуславливают нестабильность периода работоспособности инструмента и качества поверхностей получаемых отверстий. На практике операторы сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ называют это явление «разнотвердостью». Например, в случае обработки заготовки с «мягкими» участками оператор вынужден сверх положенного прерывать обработку для вывода сверла из глубокого отверстия для контроля состояния режущих пластин и характера дробления стружки.

В этой связи для решения актуальной проблемы необходимым является разработка научно обоснованных рекомендаций по учету непостоянства обрабатываемости крупногабаритных заготовок на стадии технологической подготовки, а также по адаптивному управлению

процессом резания с целью обеспечения стабильности и качества операций глубокого сверления на многоцелевых станках с ЧПУ.

Таким образом, в работе установлена научная проблема, порождаемая противоречием между необходимостью обеспечения стабильности и качества обработки глубоких отверстий на автоматизированном оборудовании с ЧПУ и недостатком научно обоснованных комплексных решений по обеспечению стабильности и качества обработки глубоких отверстий на современных многоцелевых станках с ЧПУ в условиях стохастического характера процесса резания. Выполнено исследование неустойчивости обрабатываемости в пределах размеров крупногабаритной заготовки между заготовками одной плавки, проходившими совместную термическую обработку в одной партии, и между заготовками разных плавок. Показано, что решением данной проблемы может служить разработка научно обоснованных рекомендаций по учету непостоянства обрабатываемости крупно-

габаритных заготовок на стадии технологической подготовки, а также по адаптивному управлению процессом резания с целью обеспечения стабильности и качества операций глубокого сверления на многоцелевых станках с ЧПУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Как научить систему ЧПУ решать технологическую задачу по выбору надежных значений параметров процесса металлообработки / А. Л. Плотников, Ю. Л. Чигиринский, Ж. С. Тихонова [и др.] // Научные технологии в машиностроении. – 2022. – № 3(129). – С. 32–39. – DOI 10.30987/2223-4608-2022-3-32-39.
2. *Сергеев, А. С.* Физические принципы автоматизированных способов определения базовых параметров процесса металлообработки / А. С. Сергеев, А. Л. Плотников // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 9(204) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2017. – С. 61–63.
3. *Старков, В. К.* Физика и оптимизация резания материалов / В. К. Старков. – М. : Машиностроение, 2009. – 640 с.
4. *Григорьев, С. Н.* Обработка резанием в автоматизированном производстве : учеб. / С. Н. Григорьев, А. Р. Маслов. – М. : Машиностроение, 2008. – 372 с.