

Н. А. Толстяков¹, А. Р. Ингеманссон²

**ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ
В КРУПНОГАБАРИТНЫХ КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВЫХ ЗАГОТОВКАХ
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ
НА ОПЕРАЦИЯХ ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ**

¹ Волгоградский государственный технический университет

² АО «Федеральный научно-производственный центр «Титан-Баррикады»

E-mail: ¹ tolstijcov@mail.ru; ² aleing@yandex.ru

Исследовано непостоянство механических свойств крупногабаритных кузнечно-прессовых заготовок и его влияние на процессы стружкообразования. Исследованию были подвергнуты 17 крупногабаритных поковок призматической формы. Подтверждено наличие неравномерности механических свойств заготовок в выборке. Кроме этого, рассматривалась морфология стружки, полученной при глубоком сверлении заготовок.

Ключевые слова: непостоянство твердости, глубокое сверление, стружкообразование.

N. A. Tolstyakov¹, A. R. Ingemansson²

**INFLUENCE OF UNEVEN HARDNESS DISTRIBUTION IN LARGE-SIZED FORGED-PRESSED
BLANKS ON CHARACTERISTICS OF CHIPS IN DEEP DRILLING OPERATIONS**

¹ Volgograd State Technical University

² JSC «Federal Scientific and Production Centre «Titan-Barrikady»

The variability of the mechanical properties of large-sized forging blanks and its influence on the processes of chip formation was studied. 17 large-sized prismatic forgings were subjected to research. The presence of uneven mechanical properties of the workpieces in the sample was confirmed. The morphology of chips produced by deep hole drilling of workpieces was also considered.

Keywords: variability of hardness, deep hole drilling, chip formation.

Введение

Глубокое сверление является видом механической обработки, набирающим все большее распространение сегодня. Оно востребовано практически в каждой области машиностроения. Глубокие отверстия изготавливают в изделиях энергетического, специального машиностроения, а также в судостроении. К тому же часто такой вид обработки выполняется в труд-

нообрабатываемых материалах с твердостью до 42 ... 44 HRC: графит, чугуны, титановые сплавы, высоколегированные стали и т. д. [1, 2].

Критерием отнесения операции к обработке глубоким сверлением является отношение длины к диаметру обрабатываемого отверстия. Граница различия обычного отверстия от глубокого проходит там, где начинаются трудности с отведением стружки из зоны резания, же-

сткостью обработки и др. Своевременное отведение образованной стружки критически важно для изготовления отверстий, соответствующих требованиям по качеству, и обеспечения требуемой работоспособности режущего инструмента. Принято считать, что глубоким отверстие становится при достижении отношения длины к диаметру равному и более 5 крат.

В некоторых случаях обработку приходится производить в крупногабаритных заготовках, изготовленных методомковки. В данном процессе рабочие сталкиваются с рядом сложностей: пакетирование стружки в каналах для ее отведения, неравномерная сила резания по пути рабочего движения сверла, чрезмерный износ твердосплавных режущих пластин, прерывание процесса сверления для эвакуации стружки. Это связано со свойством неравномерного распределения твердости внутри упомянутых выше заготовок.

Рассеяние механических свойств по объему заготовки определяется массой предшествующих стадий обработки (изготовление кузнечно-го слитка,ковка и штамповка, термообработка). Данные этапы изготовления заготовок создают явный разброс механических свойств, как внутри объема заготовки, так и между заготовками одной партии [3].

Этот разброс, однако, является стабильным с точки зрения технических условий на изготовление заготовок и изделия, выполненные из них пригодны для эксплуатации в своих областях промышленности. Но данный разброс оказывает существенное влияние на специальные технологические процессы, такие как глубокое сверление.

Формируется противоречие между необходимостью обеспечения стабильности обработки глубоким сверлением крупногабаритных кузнечно-прессовых заготовок и наличием, названной выше, проблемы нестабильного распределения механических свойств по объему данных заготовок.

Неразрешенное противоречие приводит к снижению ресурса формообразующего инструмента, его износу и поломке, к нестабильности параметров качества изделия, к низкой производительности обработки глубоким сверлением, в силу необходимости устранения пакетированной стружки.

Существует проблема недостатка научно-обоснованных решений по устранению названного выше противоречия.

Методика

Рассматривалась выборка крупногабаритных поковок призматической формы из 17 штук, имевших размеры $550 \times 550 \times 600$ мм. Стоит отметить, что изготовление такого изделия осложняется необходимостью выполнения в нем глубоких отверстий. Отношение длины к диаметру формируемых глубоких отверстий доходит до 20 раз.

Твердость заготовок измерялась неразрушающим методом Либа с помощью портативного твердомера модели «Константа КТ» («Константа», Россия).

Кроме этого, рассматривалась морфология стружек, полученных после операций глубокого сверления на конкретных заготовках. Габариты элементов стружки измерялись с помощью штангенциркуля. Обработка производилась на многоцелевом сверлильно-фрезерно-расточном станке с ЧПУ.

Результаты

Оценка значений твердости, полученных в результате измерений, на представленной выборке показывает действительное наличие указанной выше проблемы. Это также подтверждает выдвинутые в предыдущих исследованиях положения [4].

Коэффициент вариации твердости среди выборки заготовок достигает 18,2 %, в наименьшей величине он составляет всего 3 %, что говорит о большой разности номинально одинаковых заготовок между собой. Также необходимо отметить, что более половины объема заготовок имеют коэффициент вариации твердости более 10 % (таблица).

Результаты измерения выборки заготовок, дополненной относительно приведенной в [4], отображены визуально с помощью графика (рис. 1).

Были исследованы и морфологические характеристики полученных в результате глубокого сверления стружек. Стружка из заготовки № 24 имела наибольшие размеры, при этом и сама заготовка № 24 характеризовалась наибольшим разбросом твердости. В процессе резания кроме обычной элементной стружки была также образована мягкая сливная стружка в форме «елочки». Спираль имели средний диаметр 11 мм и среднюю длину 49,3 мм (рис. 2).

Обработка заготовки № 75, показавшей наименьший разброс механических свойств, напротив сопровождалась формированием стабильной морфологии стружки, без образования длинных спиралей, что свидетельствует о действительно малом разбросе значений твердости (рис. 3).

**Результаты исследования нестабильности механических свойств
по выборке из 17 заготовок**

Предприятие-изготовитель	Номер заготовки	Среднее значение твердости, HB	Стандартное отклонение σ , HB	Коэффициент вариации v , %
А	№06	316	40	12,5
	№24	276	50	18,2
	№04	341	23	6,6
Б	№43	308	53	17,2
	№52	287	51	17,8
	№44	321	36	11,2
	№57	337	27	8,2
	№51	335	39	12,5
	№48	320	10	3,2
	№46	335	21	6,2
	№75	324	8	2,4
	№74	326	10	3,0
	№76	323	21	6,6
	№93	329	17	5,2
	№89	327	35	10,7
	№66	322	32	10,1
	№60	313	32	10,3

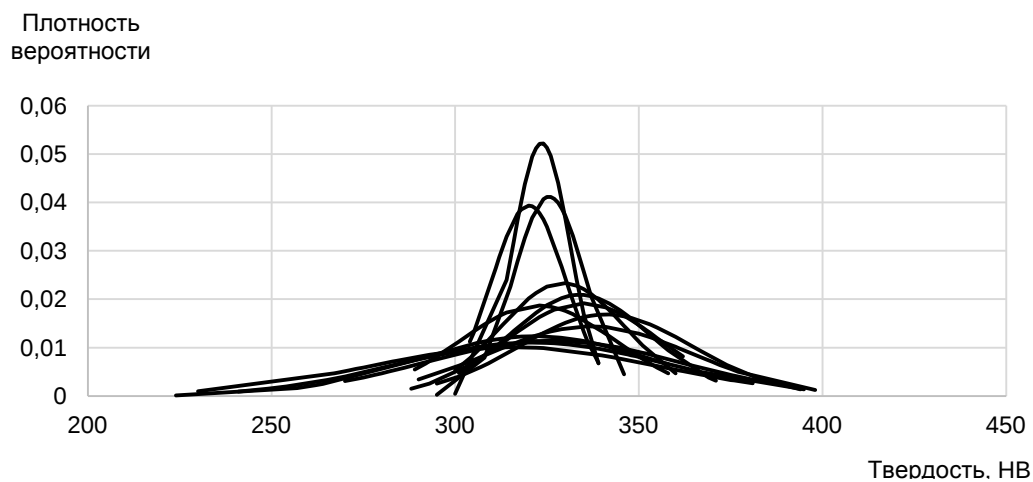


Рис. 1. Сравнительная диаграмма распределений плотности вероятности твердости в конкретных заготовках



Рис. 2. Стружка, полученная при сверлении заготовки № 24



Рис. 3. Стружка, полученная при сверлении заготовки № 75

Также были рассмотрены стружки из заготовок 89 и 66. Здесь наблюдалась мягкая сливная стружка, меньших размеров, чем в заготовке № 24. Средний диаметр составил 10,3 и 9,8 мм, соответственно, а длина 29 и 26 мм, соответственно (рис. 5, 6).



Рис. 5. Стружка, полученная при сверлении заготовки № 89

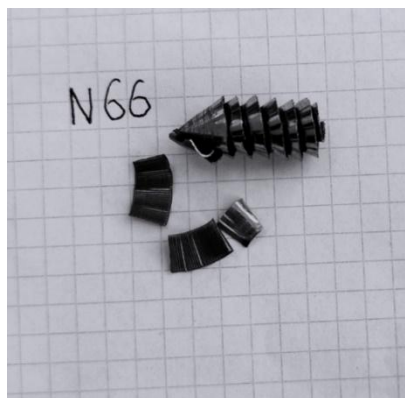


Рис. 6. Стружка, полученная при сверлении заготовки № 66

Оценка морфологии стружки коррелируется с ранее проведенными измерениями твердости заготовок. Образование мягкой сливной стружки в форме “елочки” происходит из-за излишней пластичности срезаемого материала. Дробление стружки затруднено, стружколом на

режущей пластине полноценно не выполняет свою функцию в данной ситуации, что способствует ее закручиванию в спираль. Наличие, как элементной стружки, так и сливной показывает, что в заготовках имеют место участки с непостоянной твердостью.

Выводы

1. Ранее выявленная проблема неравномерного распределения механических свойств по объему крупногабаритных кузнечно-прессовых заготовок была подтверждена измерениями на расширенной выборке, а также исследованием морфологии полученных стружек при глубоком сверлении на многоцелевом станке.

2. Наблюдалась взаимосвязь объемов и морфологии сливной спиральной стружки с величиной коэффициента вариации твердости заготовок. Проведенные исследования подтверждают наличие проблемы блокирования каналов стружкоотведения при обработке заготовок с нестабильными механическими свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обработка глубоких отверстий в машиностроении : справочник / С. В. Кирсанов, В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, А. Г. Схиртладзе ; под общ. ред. С. В. Кирсанова. – Москва, 2010. – 344 с. – ISBN 978-5-94275-521-8. – EDN PVJNMJ.
2. Li X, Zhai C, He W, Lu Y, Zhang B. Experimental Investigation of Tool Wear and Machining Quality of BTA Deep-Hole Drilling in Low-Carbon Alloy Steel SA-5083. *Materials*. 2023; 16(20):6686. <https://doi.org/10.3390/ma16206686>
3. Switzner, N. T. & Vantyne, Chester & Mataya, Martin. (2010). Effect of forging strain rate and deformation temperature on the mechanical properties of warm-worked 304L stainless steel. *Journal of Materials Processing Technology*. 210. 998-1007. 10.1016/j.jmatprotec.2010.01.014.
4. Ингеманссон, А. Р. Исследование рассеяния твердости крупногабаритных кузнечно-прессовых заготовок и влияния на обрабатываемость резанием / А. Р. Ингеманссон, Н. А. Толстяков // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 8(279) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2023. – С. 18–21. – DOI 10.35211/1990-5297-2023-8-279-18-21. – EDN EMQBYU.