

энергии ударами.

Реализация на горизонтальном бесшаботном молоте технологий изготовления различных по габаритам, массе и геометрии поковок, горячей и полугорячей, открытой и закрытой штамповкой в условиях мелкосерийного и крупносерийного производства в ручном режиме и на автоматизированных комплексах даст значительный вклад в развитие экономики страны и повышение её обороноспособности за счёт снижения металлоёмкости и затрат на механическую обработку сложных по форме поковок, изготовленных из любых, в том числе и дорогостоящих высокопрочных и композиционных материалов.

Литература

1. Колотов Ю.В. Разработка новой конструкции и методики проектирования бесшаботного молота с гидравлическим механизмом связи ударных масс. – Дисс. канд. техн. наук; спец. 05.03.05. – М.- Новосибирск, 1984. – 208с.
2. Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А., Добринский Н.С., Ланской Е.Н., Прейс В.Ф., Трофимов И.Д. Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для машиностроительных вузов. М.: Машиностроение. 1982. 576 с.
3. Патент на изобретение № 2438824 (РФ) Бесшаботный молот, Авт. Колотов Ю.В., Оpubл. 10.01.2012, Бюл №1.

Исследование процесса накопления повреждаемости в деталях кузнечно-прессового оборудования и инструмента магнитными методами

д.т.н. проф. Корнилова А.В., Идармачев И.М.,
МГТУ «Станкин»

8(499)972-94-54, 8(910)422-68-45, ANNA44@yandex.ru

Анотация. В статье рассмотрены возможности магнитных методов неразрушающего контроля (в частности измерения коэрцитивной силы) для определения повреждаемости и остаточного ресурса материала штампового инструмента и оборудования. Экспериментально выявлен ряд закономерностей для инструмента, применяемого для горячей (объемной) и холодной (как листовой, так и объемной) штамповки.

Ключевые слова: магнитные методы, коэрцитивная сила, повреждаемость.

Микро- и макродефекты структуры, накапливаясь в металле в процессе циклического нагружения, являются отображением силового режима работы конструкции. В качестве основного контролируемого параметра нами была принята коэрцитивная сила H_C (А/м), так как она однозначно связана с остаточной пластической деформацией, т.е. с уровнем повреждаемости металла (имеется ввиду суммарная повреждаемость от действия всех разрушающих процессов и привнесённая в металл в процессе изготовления инструмента). По своему физическому смыслу коэрцитивная сила – это напряженность магнитного поля, необходимая для полного размагничивания предварительно намагниченного до насыщения ферромагнетика, и может быть представлена, как

$$H_C = \frac{B}{E} + \left(\frac{B}{K} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (1)$$

где B – остаточная индукция; K – циклический коэффициент напряжения; n – циклический коэффициент упрочнения; E – модуль упругости.

Остаточная деформация E_P определяется аналогичными параметрами:

$$E_P = \frac{\sigma}{E} + \left(\frac{\sigma}{K} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (2)$$

где σ - амплитуда нагружения.

При наличии корреляционных зависимостей между H_c и E_p по величине коэрцитивной силы можно вести контроль накопления повреждений в металле - выражения (1) – (2), а также прогнозировать долговечность деталей оборудования инструмента.

Нами был проведен ряд натурных экспериментов по замеру коэрцитивной силы в оборудовании, деталях штампов и образцах из штамповых сталей. При проведении экспериментов использовался аттестованный прибор – КИМ-2М. Эксперимент проводился в лабораторных условиях и на 3-х заводах, эксплуатирующих кузнечно-прессовое оборудование и соответствующий инструмент.

1. Измерение коэрцитивной силы в деталях оборудования.

1.1. Эксперимент проводился на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП) производства барнаульского механического завода - модель К0032, сила 1600 кН, число ходов ползуна в минуту -32, расстояние между столом и ползуном в крайнем нижнем положении ползуна 580 мм, ход ползуна – 160 мм, регулировка расстояния между столом и ползуном – 10 мм. Год выпуска – 1977 г. (рисунок 1). В исследовании принимал участие аспирант Ком А.Л.

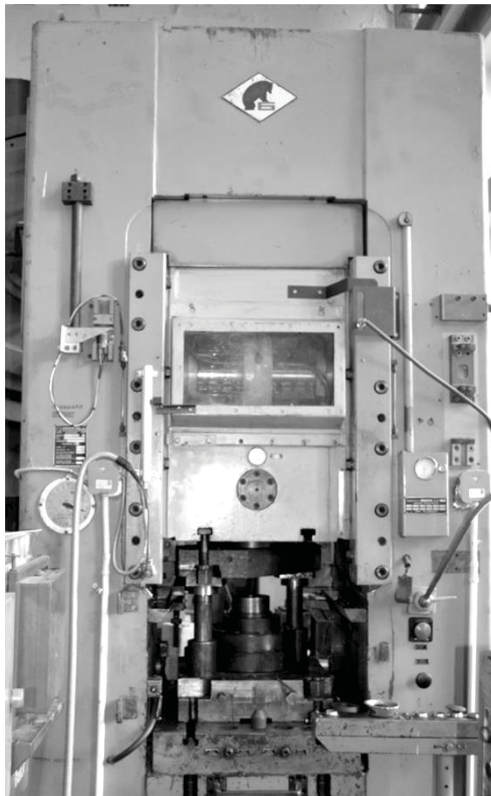


Рисунок 1. Пресс, на котором проводились экспериментальные исследования

На рисунке 2 можно наблюдать неравномерность показателей коэрцитивной силы в направляющих. Возможно, это связано с тем, что работа на прессе осуществлялась с использованием штампа, направляющие колонки которого расположены диагонально, что стало причиной неравномерного распределения нагрузки по направляющим пресса и, как следствие, разной степени их износа. По результатам эксперимента видно, что коэрцитивная сила в различных направлениях приложения датчика неодинакова. Следовательно, можно выявить предположительные места появления и направление магистральных усталостных дефектов и принять превентивные меры по их устранению.

1.2. Исследование коэрцитивной силы в столе и подштамповой плите кривошипного листоштамповочного пресса показало (рисунок 3), что накопление повреждаемости в двух направлениях (перпендикулярно и параллельно фронту пресса) происходит также с различной скоростью. Исследовался пресс К21166 номинальной силой 40 кН, ход ползуна регули-

руемый 5-45 мм, число ходов ползуна в минуту -160, закрытая высота – 160 мм.

2. Измерение коэрцитивной силы в штампе для вырубки-пробивки из листового материала. Сложность определения повреждаемости штампового инструмента состоит в том, что его эксплуатация практически всегда сопровождается совместным действием нескольких разрушающих процессов [1-3] и др. Обычно принимается, что работоспособность инструмента регламентируется активностью того физического процесса, который в данных условиях контролирует процесс разрушения. Однако эти процессы взаимодействуют и на различных этапах эксплуатации штампа (от первой отштампованной детали до его выхода из строя) могут как ускорять, так и существенно замедлять действие друг друга. В этом кроется причина того, что до сих пор не удалось создать единую универсальную методику определения стойкости (долговечности) штампов [4-8].

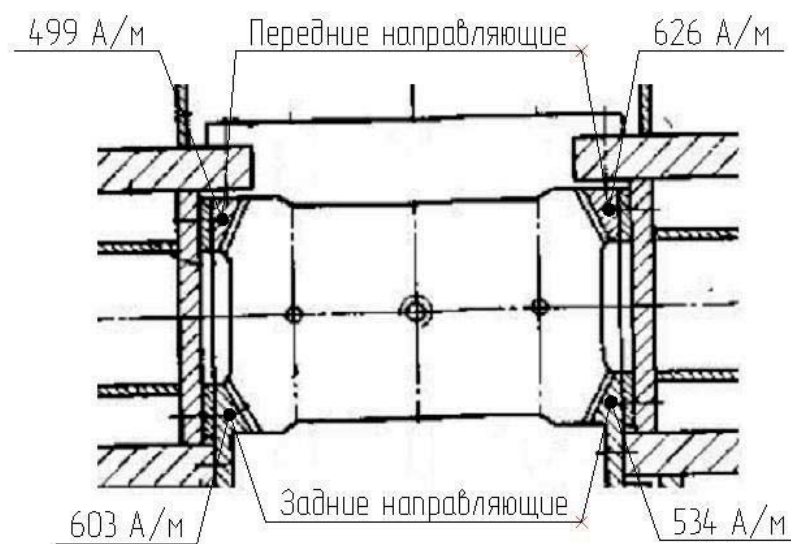


Рисунок 2. Измерение коэрцитивной силы в направляющих КГШП

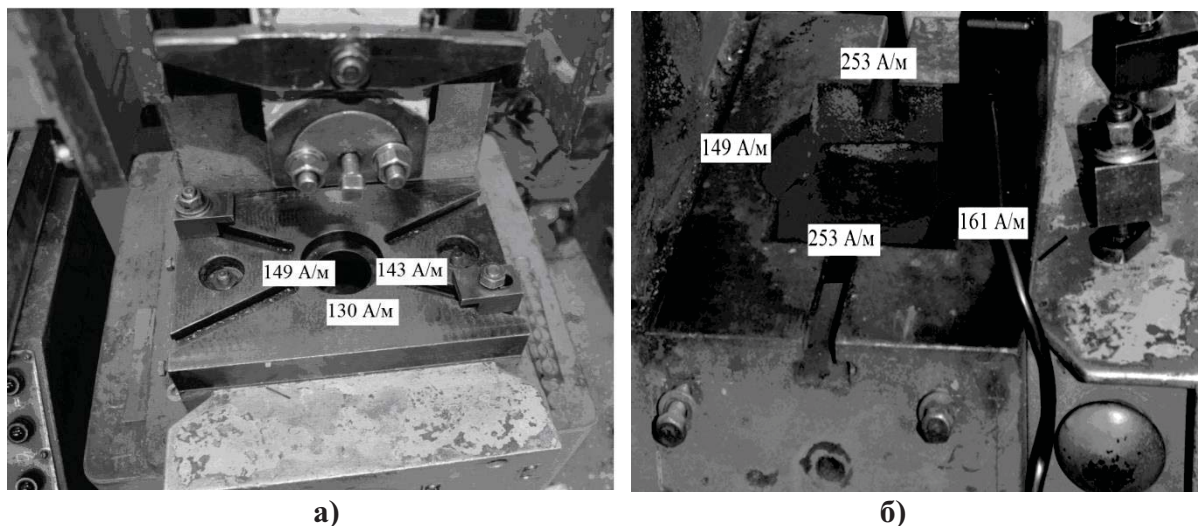


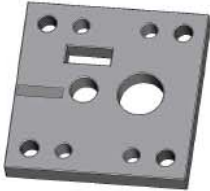
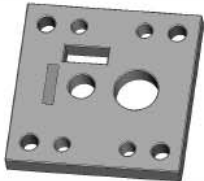

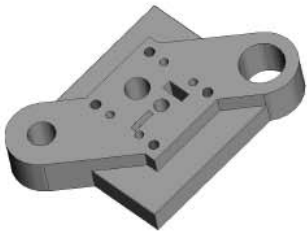
Рисунок 3. Измерение коэрцитивной силы в столе листоштамповочного пресса (а) и в подштамповой плите (б)

Исследовался штамп последовательного действия с большой наработкой на отказ. Штамп всегда позиционировался в штамповом пространстве следующим образом: общая ось рабочих отверстий параллельна фронту пресса. В ходе эксперимента на различных (характерных) участках деталей штампа были получены значения коэрцитивной силы, на основе которых была составлена сводная таблица. Направление общей оси датчиков коэрцитиметра выделено на каждом рисунке прямоугольником.

Эксперимент на уровне магнитных характеристик подтвердил ранее высказанное нами предположение о существенном влиянии расположения инструмента в штамповой зоне открытого кривошипного прессы на его стойкость.

3. Измерение коэрцитивной силы в разрушенном штампе для горячей объемной штамповки. Исследование коэрцитивной силы штампа значение коэрцитивной силы 1596 А/м, вблизи зоны разрушения 626 А/м.

Таблица

№	Нс, А/м	Деталь инструмента/материал	Приложение датчика
1	2779	Матрица/У10А ГОСТ 1435-99	
2	2976	Матрица/У10А ГОСТ 1435-99	
3	289	Нижняя плита штампа/сталь 35Л ГОСТ 977-77	
4	277	Нижняя плита штампа/сталь 35Л ГОСТ 977-77	
5	307	Нижняя плита штампа/сталь 35Л ГОСТ 977-77	
6	277	Верхняя плита штампа/сталь 35Л ГОСТ 977-77	

4. Измерение коэрцитивной силы в образцах СТ-1 из стали Х12МФ ГОСТ 5950-2000. Коэрцитивная сила в образцах (до испытаний) – в обоих направлениях 4700-5700 А/м. В образцах после испытания на циклическую трещиностойкость – 6328/7000 А/м.

Как видно из результатов всех предыдущих экспериментов, коэрцитивная сила в инструментальных сталях существенно (в разы) выше того же параметра для конструкционных сталей. Это было выявлено впервые, и пока (до проведения дополнительных исследований) мы можем только предположить, что это влияние особенностей микроструктуры. Коэрцитивная сила, соответствующая моменту предразрушения у инструментальных сталей в штампах для холодной штамповки (и листовой, и объемной), растет, для горячей – существенно снижается.

Мы провели ряд экспериментов по измерению скорости накопления усталостной повреждаемости (по изменению коэрцитивной силы) в различных штампах для холодной листовой штамповки на 3-х заводах. Статистическая обработка всех полученных результатов эксперимента показала, что средняя скорость роста коэрцитивной силы (как показателя повреждаемости) рабочих деталей штампового инструмента составила 0,1 А/(м·цикл) и зависит от ряда параметров: материала рабочих деталей, конструкции инструмента, конструкции и степени износа оборудования. Данный подход позволяет прогнозировать стойкость (долговечность) штампового инструмента более точно, чем это делается в настоящее время.

Литература

1. Корнилова А.В. Определение долговечности инструмента для холодной листовой штамповки по критериям трибофатики // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2006. №2. С. 88-94.
2. Корнилова А.В. Математическое моделирование процессов разрушения разделительного инструмента // Известия Тульского Государственного университета. Серия «Механика деформированного твердого тела и обработка материалов давлением». Выпуск 1. 2006. С.323-333.
3. Корнилова А.В. Некоторые подходы к оценке долговечности инструмента для холодной листовой штамповки // КШП. ОМД. 2007. №1. С. 16-23.
4. Корнилова А.В. Методика определения долговечности (стойкости) инструмента для холодной листовой штамповки // Сборник трудов высшей школы РФ «Наука». 2006. С. 121-125.
5. Kornilova A.V. Practical aspects of the determination of the allowable technological defectiveness // Proceedings of the Colloquium «Mechanical fatigue of metals» 2006. P.393-399.
6. Kornilova A.V. Practical aspects of the determination of the allowable technological defectiveness // Proceedings of the Colloquium «Mechanical fatigue of metals» 2006. P.393-399.
7. Корнилова А.В. К вопросу о применимости стали Х12МФ для разделительных штампов // Сборник трудов «Неделя металлов». 2006. С.67-74.
8. Корнилова А.В. Пути повышения долговечности инструмента для разделительных операций // КШП. ОМД. 2004. №11. С. 18-31.

Экспериментальное исследование удара при осадке на молотах в условиях горячего деформирования

к.т.н. доц. Лавриненко В.Ю., д.т.н. проф. Семенов Е.И.
 Московский государственный индустриальный университет
 д.т.н. проф. Феофанова А.Е.

Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)

Анотация. В статье представлены результаты экспериментально-теоретических исследований процесса удара при осадке заготовок на молотах в условиях горячего деформирования, показывающие возможность увеличения времени контакта бабы молота с заготовкой, увеличение степени деформации заготовки, снижение силы деформирования при осадке и увеличение КПД удара при использовании