

ІІІ. СТВОРЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРЕСИВНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

УДК 621.73

Нахайчук О.В.

(Вінницький національний аграрний університет)

ОЦЕНКА ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ЗАГОТОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КРИТЕРИЕВ РАЗРУШЕНИЯ

У роботі дані рекомендації по вибору критеріїв руйнування для розрахунку використаного ресурсу пластичності в областях заготовок, найближчих до руйнування. Представлені результати розрахунків з використанням різних критеріїв для деформуємої області поршня щодо процесу заочухання пари поршень-шатун аксіально-роторного насоса.

Recommendations on the choice of criteria of destruction for determination of values of the used resource of plasticity in the regions of purveyances most near to destruction are given in work. The results of calculations are represented after different criteria for the deformed region of piston in relation to the process of rolling up of pair piston-piston-rod of axial-rotary pump.

Деформирование тел в процессе обработки давлением сопровождается активным накоплением микрповреждений, поэтому прогнозирование предельных возможностей изделий представляет большой интерес. Один из подходов к решению этой проблемы основан на гипотезе о суммировании пластических повреждений в процессе деформирования металла. Предполагается, что повреждение, вызванное приращением деформаций при данной схеме напряжённого состояния, не зависит от деформированных состояний в предыдущие моменты нагружения. Гипотеза о линейном суммировании пластических повреждений, мерой накопления которых принято считать использованный ресурс пластичности ψ , приводит к созданию критериев деформируемости [1-6]. Полагают, что в необработанных материалах повреждения отсутствуют ($\psi = 0$), затем в процессе обработки давлением и при эксплуатации изделия они накапливаются. Ко времени исчерпания работоспособности принимается, что накопилось критическое количество микрповреждений – в таком случае $\psi = 1$.

С учётом того, что оценка запаса пластичности заготовок, формируемых в процессах холодной обработки металлов давлением может быть осуществлена с применением различных разработанных критериев разрушения, представляет практический интерес выбор того или иного критерия для каждого конкретного технологического процесса. В некоторых случаях практика применения критериев показывает, что ни один из них не даёт надёжных результатов как при оценках предельных деформаций, так и использованных ресурсов пластичности, что особо можно отнести к процессам обработки металлов давлением, сопровождающихся немонотонным деформированием в условиях объёмного напряжённого состояния.

В наших исследованиях [7, 8] представлено рассогласование расчётов значений использованного ресурса пластичности для опасной области деформирования (наиболее близкой к разрушению) относительно процесса формирования внутреннего шлицевого профиля трубных заготовок при их обжатии на оправках.

В данной работе приведены результаты исследования запаса пластичности в наиболее деформируемой области при реализации процесса закатки пары поршень-шатун аксиально-роторного поршневого насоса. В ЗАО “Стройгидравлика” (г. Одесса) разработан процесс закатки трубной заготовки (рис. 1): барабан 1 вращает заготовку 2; одновременно

инструмент 3 совершает вращательно-поступальное движение. В результате внедрения инструмента в заготовку образуется профиль, соответствующий паре поршень – шатун аксиально-роторного поршневого насоса серии 310 (рис. 2). Одним из требований к качеству данного изделия является обеспечение прочности в области закатки, поскольку данная пара работает в условиях знакопеременных нагрузок и больших (порядка 30 МПа) значений давлений.

Операция закатки формирует технологическую наследственность изделия: упрочнение деформируемого металла, распределение остаточных напряжений, необходимый осевой зазор между поршнем и шатуном, размер зёрен металла после термообработки в зависимости от уровня накопления деформаций и др. С целью обеспечения благоприятной технологической наследственности, а также получения необходимого зазора между поршнем и шатуном после закатывания нами решалась задача исследования механики деформирования заготовки при реализации данного процесса [9]. Для этого была изучена история деформирования материальных частиц металла в наиболее опасных областях поршня (материал – сталь 30Х2МЮА), при этом использовалась феноменологическая теория деформируемости, позволяющая определять запас пластичности заготовки в зависимости от основных параметров процесса.

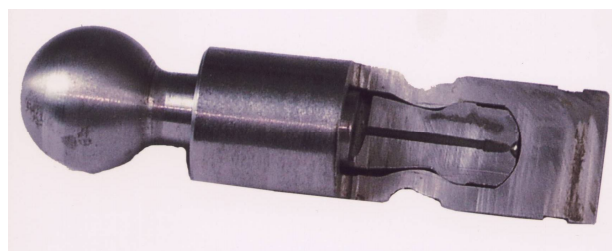
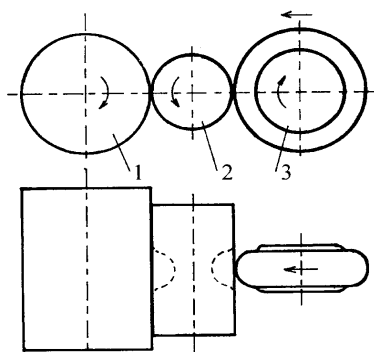


Рис. 1. - Процесс закатки, разработанный в ЗАО “Стройгидравлика”

Рис. 2. - Разрез соединения поршень-шатун в собранном состоянии

Установлено, что опасной областью деформирования является внешняя область в окрестности действия накатного ролика. В опасных точках рассчитывали контактные напряжения, компоненты тензора напряжений, накопленную интенсивность деформаций, а также показатель напряжённого состояния. При этом интенсивность напряжений определяли путём измерения твёрдости с помощью изоскалаяр, построенных в меридиональном сечении заготовок поршня.

На рис. 3 показаны изолинии твёрдости HV, интенсивности напряжений σ_u и деформаций e_u деформируемой заготовки.

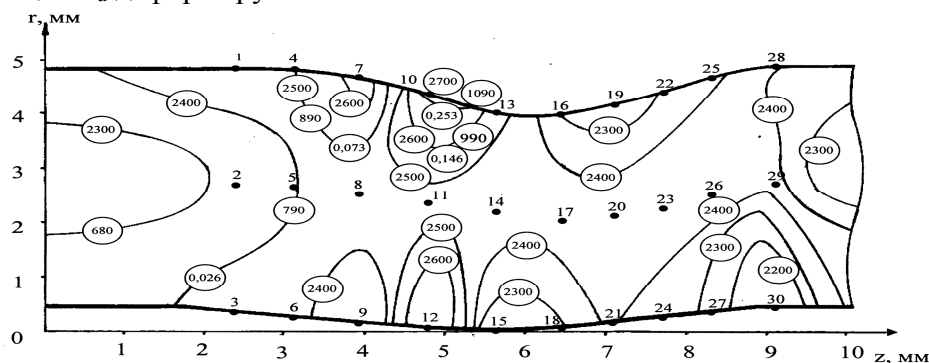


Рис. 3. - Изолинии твёрдости HV (МПа), интенсивности напряжений - σ_u (МПа), интенсивности деформаций - e_u

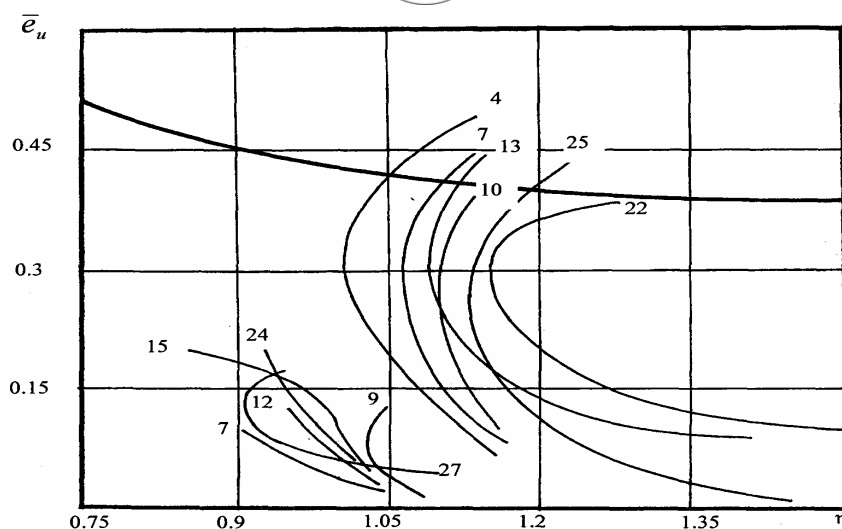


Рис. 4. - Диаграмма пластичности стали 30X2MЮА и пути деформирования опасных областей

Полученные данные о напряжённо-деформированном состоянии позволили построить пути деформирования опасных областей в процессе закатки пары поршень-шатун (рис. 4), где \bar{e}_u - значение накопленной интенсивности деформаций; η - показатель напряжённого состояния: $\eta = 3\sigma_0 / \sigma_u$.

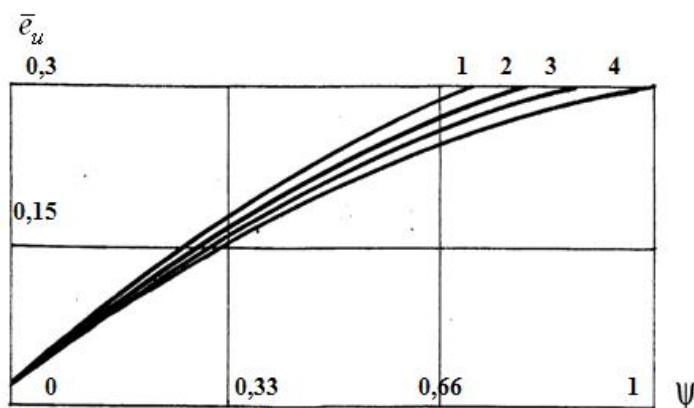


Рис. 5. - Расхождения данных расчётов по критериям: кривая 1 соответствует [2], 2 - [10], 3 - [4], 4 - [11].

Расчёты по определению использованного ресурса пластичности были проведены по критериям [2, 4, 10, 11]. В качестве примера на рис. 5. представлены расхождения данных (порядка 30-35%) для точки 22 (рис. 3, 4). Из рис. 4 следует, что производная $d\bar{e}_u / d\eta$ меняет знак вдоль пути деформирования данной точки. Экспериментальные металлографические исследования показали наличие макродефектов в области данной точки (рис. 6).

Согласно данным, приведённым в работах [5, 6], для случаев, когда путь деформирования опасной области имеет линейный характер или является траекторией малой кривизны, расхождение результатов расчётов значений ψ по критериям [2, 4, 10, 11] для различных процессов обработки металлов давлением составляет не более 10 – 15 %.

Представленные результаты указывают на то, что при изучении процессов, в которых формообразование заготовок происходит в условиях сложного нагружения и немонотонного деформирования, необходимо применять критерии разрушения, в основу которых положен тензорный аппарат накопления повреждений.

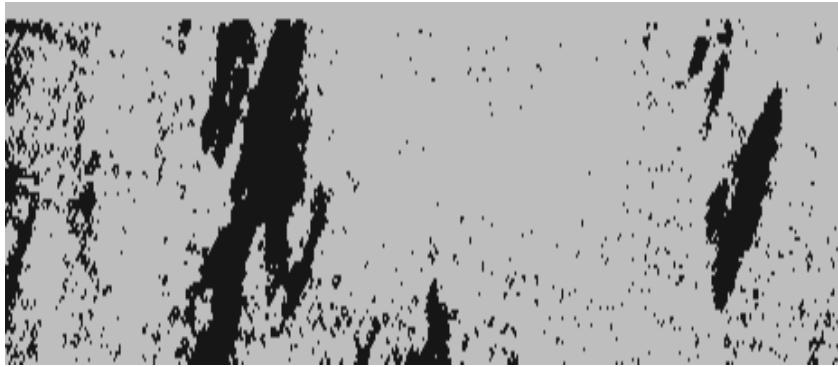


Рис. 6. - Опасная область деформирования в окрестности точки 22 (×100)

Выводы

1. Анализ результатов расчётов по различным критериям деформируемости показал, что их точность зависит от особенностей технологического процесса, а именно от знака приращений показателей напряжённого состояния с ростом степени деформации, а также от истории деформирования частиц в опасных областях заготовок.
2. При исследовании процессов, в которых имеет место сложное нагружение в условиях объёмного напряжённого состояния, целесообразно использовать критерии, позволяющие учитывать особенности процесса накопления и залечивания повреждений.
3. При применении критериев разрушения для оценки качества изделий машиностроения исследуемые процессы можно классифицировать по ха-рактеру деформируемости заготовок в опасных областях.

Литература

1. Ильющин А. А. Об одной теории длительной прочности // *Механика твёрдого тела*. – 1967. – № 13. – С. 21–25.
2. Смирнов-Аляев Г. А. *Механические основы пластической обработки металлов*. М.: Машиностроение, 1968. – 272 с.
3. Колмогоров В. Л. *Напряжения, деформации, разрушение*. – М.: Металлургия, 1970. – 229 с.
4. Дель Г. Д. Пластичность деформированного металла // *Физика и техника высоких давлений*. – 1983. – № 11. – С. 28–32.
5. Огородников В. А. *Оценка деформируемости металлов при обработке давлением*. – К.: Вища школа, 1983. – 175 с.
6. Михалевич В. М. *Тензорні моделі накопичення пошкоджень*. Вінниця: “УНІВЕРСУМ - Вінниця”, 1998. – 195 с.
7. Огородников В.А., Нахайчук О.В., Музычук В.И. Приложение теории деформируемости к решению задач механики формирования внутреннего шлицевого профиля обжатием на оправке // *Прогрессивные технологии и оборудование кузнечно-штамповочного производства: Сб. науч. трудов междунар. НТК. – МГТУ “МАМИ”, 2003. С. 66-75.*
8. Розенберг О.А., Огородников В.А., Нахайчук О.В. Механика формирования внутреннего шлицевого профиля методом обжатия на оправке // *Сучасні процеси механічної обробки інструментами з НТМ та якість поверхні деталей машин: Зб. наук. пр.* – Київ: НАН України, ІНМ ім. В. М. Бакуля. – 2003. – С. 256-266.
9. Огородников В.А., Нахайчук О.В., Музычук В.И. Исследование процесса закатки поршня с шатуном аксиально-роторного поршневого насоса // *Проблеми трибології*. – 2005. – №1(34). – С. 129-133.
10. Дель Г.Д., Огородников В.А., Нахайчук В.Г. Критерий деформируемости металлов при обработке давлением // *Изв. вузов. Машиностроение*. – 1975. – № 4. – С. 135–140.
11. Нахайчук О. В. *Розвиток процесів холодного об'ємного штампування заготовок складного профілю на основі оцінки їх якості в умовах граничного формоутворення: Автореф. дис. ...д.т.н.: (05.03.05) / ДДМА, Краматорськ, 2006. – 35 с.*