

УДК 621.7.025.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ВТУЛОК ВЕРХНЕЙ ГОЛОВКИ ШАТУНА ДВИГАТЕЛЯ ЯМЗ

Абель Самуэль Камойа

*Студент бакалавриата 4 года обучения кафедры «Технология обработки материалов»**Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Лавриненко Владислав Юрьевич, д.т.н., заведующий кафедрой «Технология обработки материалов»*

В работе проведено исследование процесса восстановления втулок верхней головки шатуна двигателя ЯМЗ пластическим деформированием с использованием программного комплекса QFORM для определения необходимой силы осадки, хода инструмента и форм штамповой оснастки.

Втулка верхней головки шатуна — это подшипник скольжения, который устанавливается в верхнее утолщение шатуна для уменьшения износа при трении о поршневой палец (рис.1). Она является важной деталью двигателя, обеспечивающей подвижное соединение между шатуном и поршнем.

К основным видам разрушения втулки верхней головки шатуна при эксплуатации относятся износ внутренней поверхности, образование задиров и рисок, разрушение антифрикционного слоя, перегрев, появление трещин, а также проворачивание втулки в посадочном месте. Эти дефекты возникают вследствие абразивного износа, нарушений смазки, высоких контактных и ударных нагрузок, несоосности деталей, перегрева [1, 2].

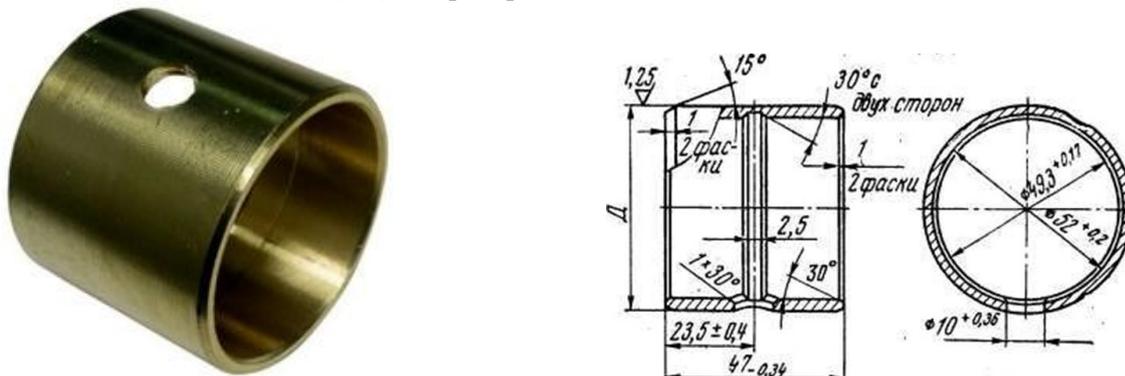


Рисунок 1. Втулка верхней головки: а – фотография; б - чертеж

При эксплуатации внутренняя поверхность втулки изнашивается. Втулка потеряет работоспособность при величине износа 0,16...0,2 мм. Метод восстановления пластическим деформированием основан на том, что при воздействии внешней силы металл детали изменяет форму в упругопластической области без разрушения [3]. Восстановление размеров при пластическом деформировании достигается за счёт перераспределения металла под действием давления. Когда инструмент (ролик, пуансон, дорн и др.) прилагает к детали усилие, превышающее предел текучести материала, в поверхностных слоях возникает пластическое течение металла. Так как объём металла остаётся постоянным, часть материала смещается с нерабочих участков детали на изношенные поверхности (рис.2).

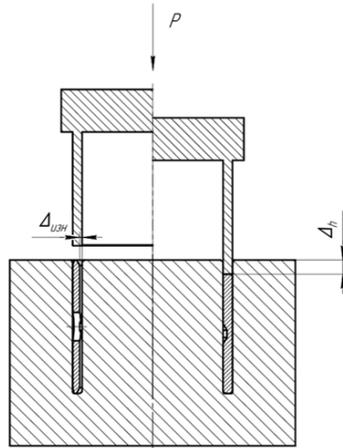


Рисунок 2. Схема восстановления втулки верхней головки шатуна пластическим деформированием
 P — сила деформирования; $\Delta_{изн}$ — износ; Δh — ход пуансона

Было проведено компьютерное моделирование процесса пластического холодного деформирования для восстановления изношенной поверхности втулки из БрА7 в программном комплексе QFORM [4]. Для моделирования технологического процесса восстановления взяли три образца с различной величиной износа (0,1 мм; 0,15 мм; 0,2 мм).

На рис. 3 приведены результаты компьютерного моделирования втулки с износом 0,1 мм (образец №1). Сила осадки и ход инструмента при этом составили 0,74 МН и 2,70 мм соответственно.

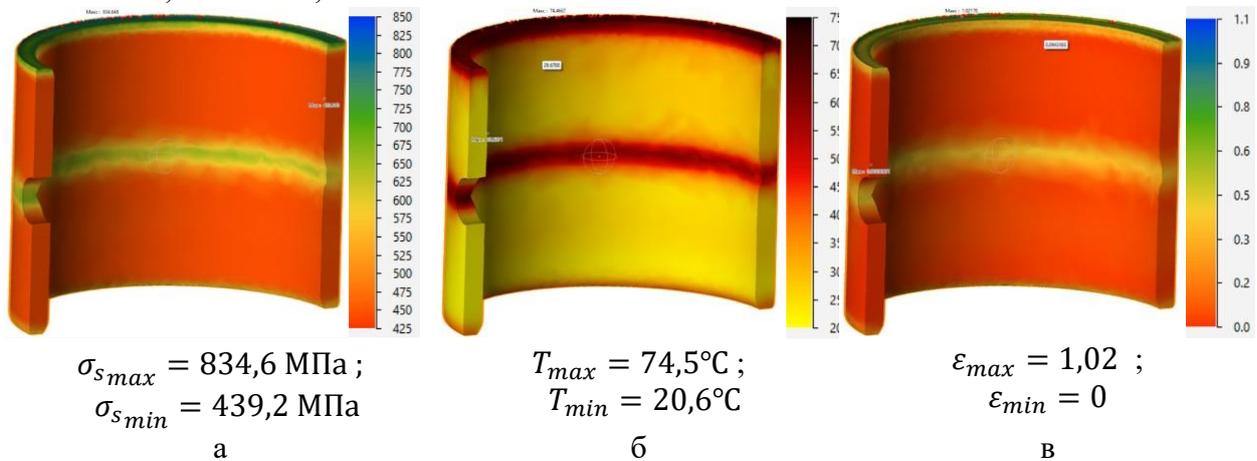
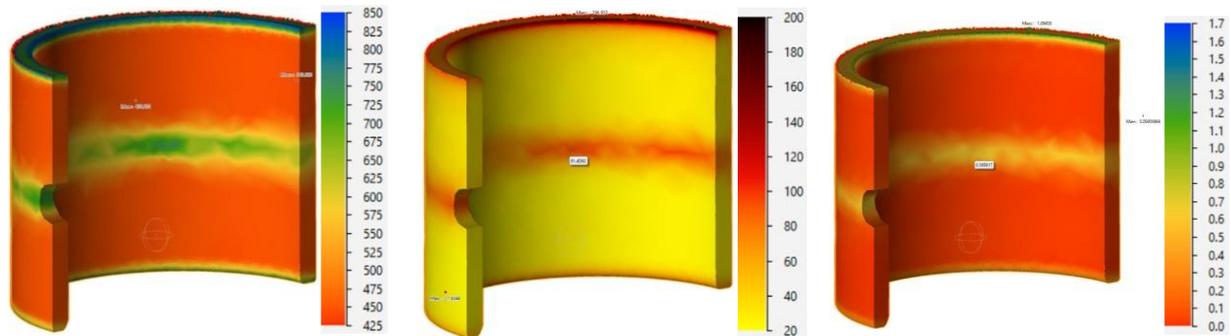


Рисунок 3. Результаты компьютерного моделирования втулки с износом 0,1 мм:
а – поле распределения сопротивления деформированию; б – поле распределения температуры; в – поле распределения накопленных деформаций

На рис. 4 приведены результаты компьютерного моделирования втулки с износом 0,15 мм (образец №2). Сила осадки и ход инструмента при этом составили 1,414 МН и 4,69 мм соответственно.



$$\begin{aligned}\sigma_{smax} &= 845,4 \text{ МПа}; \\ \sigma_{smin} &= 438,6 \text{ МПа}\end{aligned}$$

а

$$\begin{aligned}T_{max} &= 196,9^\circ\text{C}; \\ T_{min} &= 21,8^\circ\text{C}\end{aligned}$$

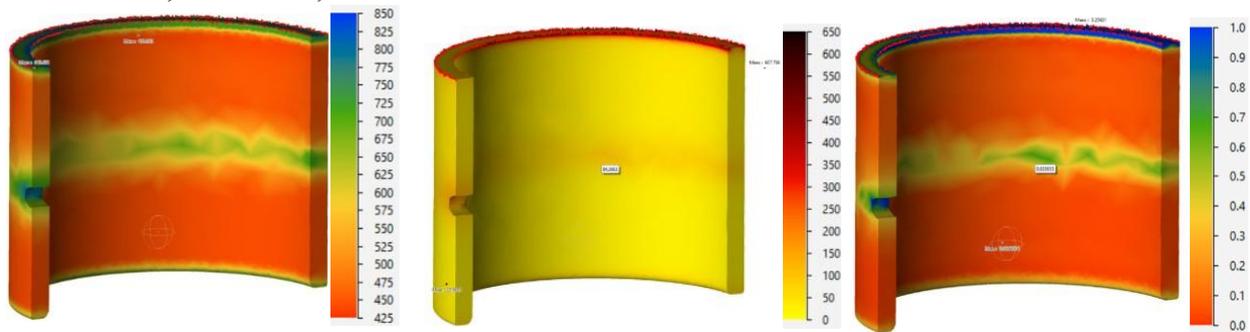
б

$$\begin{aligned}\varepsilon_{max} &= 1,8; \\ \varepsilon_{min} &= 0\end{aligned}$$

в

Рисунок 4. Результаты компьютерного моделирования втулки с износом 0,15 мм:
а – поле распределения сопротивления деформированию; б – поле распределения температуры; в – поле распределения накопленных деформаций

На рис. 5 приведены результаты компьютерного моделирования втулки с износом 0,2 мм (образец №3). Сила осадки и ход инструмента при этом составили 1,71 МН и 4,33 мм соответственно.



$$\begin{aligned}\sigma_{smax} &= 845,6 \text{ МПа}; \\ \sigma_{smin} &= 438,1 \text{ МПа}\end{aligned}$$

а

$$\begin{aligned}T_{max} &= 607,8^\circ\text{C}; \\ T_{min} &= 22,6^\circ\text{C}\end{aligned}$$

б

$$\begin{aligned}\varepsilon_{max} &= 5,26; \\ \varepsilon_{min} &= 0\end{aligned}$$

в

Рисунок 5. Результаты компьютерного моделирования втулки с износом 0,2 мм:
а – поле распределения сопротивления деформированию; б – поле распределения температуры; в – поле распределения накопленных деформаций

В результате компьютерного моделирования процесса осадки были построены графики зависимости силы деформирования от величины износа и хода пуансона от величины износа. Также были получены функции, аппроксимирующие эти зависимости. Эти функции в дальнейшем могут быть использованы для определения силы деформирования и хода пуансона при известном износе втулки произвольной величины (рис.6 и рис.7).

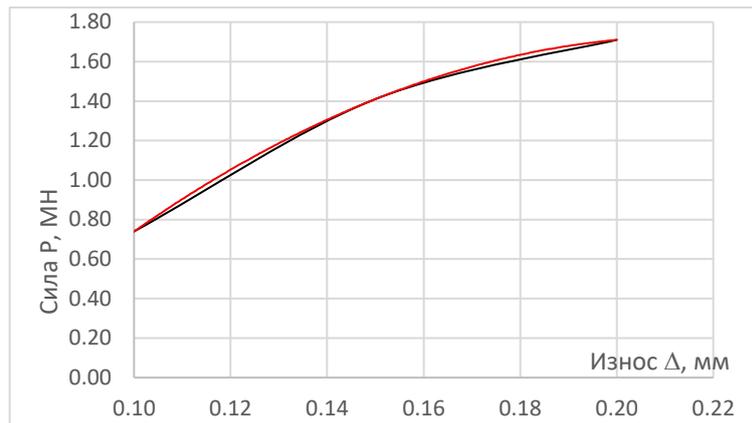


Рисунок 6. График зависимости силы осадки от износа
 $P = -74\Delta^2 + 31.9\Delta - 1.71$ [МН]

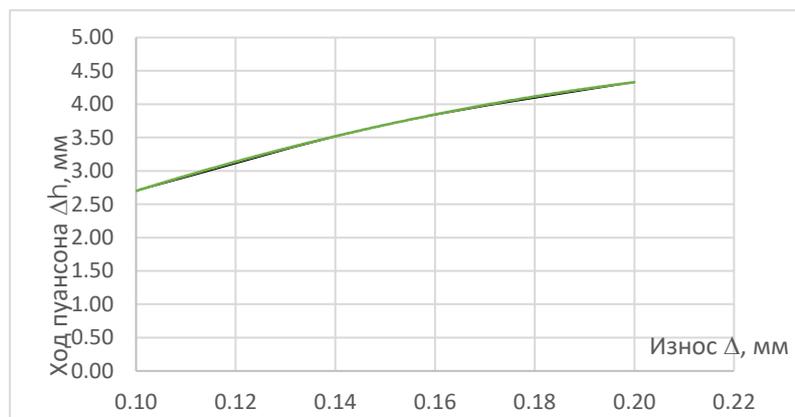


Рисунок 7. График зависимости хода пуансона от износа
 $\Delta h = -70\Delta^2 + 37.3\Delta - 0.33$

Выводы:

1. Установлено, что с увеличением величины износа втулки от 0,1 мм до 0,2 мм сила деформирования Р равномерно возрастает: для образца №1 оно составляет 0,74 МН, для №2 — 1,41 МН, а для №3 достигает максимального значения 1,71 МН.
2. Построены зависимости силы деформирования от величины износа и хода пуансона от величины износа втулки. Получены функции, аппроксимирующие эти зависимости, которые в дальнейшем могут быть использованы для определения силы деформирования и хода пуансона при известном износе втулки произвольной величины.

Литература

1. Беляев Н.М., Тресвятский С.А. Технология восстановления деталей машин. М.: Машиностроение, 2006. 368 с.
2. Калистратов В.В., Григорьев А.Ю. Технологические процессы восстановления и упрочнения деталей машин. М.: Академия, 2012. 320 с.
3. Гаврилюк В. В. Влияние методов пластического восстановления на ресурс втулок из конструкционных сталей // Технология машиностроения. 2020. №7. С. 55–61.
4. QForm 2D/3D Программа для моделирования процессов обработки металлов давлением. Версия V8. Начало работы. Часть 1 Начало работы. «КванторФорм», 2016. 112 с.