

УДК 621.73.047:621.45.226.2

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ АНАЛИЗА ВАЛЬЦЕВАНИЯ ПЕРА ЛОПАТКИ ГТД.

Смирнова Татьяна Сергеевна

Студент пятого курса

Кафедра «Обработка материалов давлением»

ГОУ ВПО «Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П.А.Соловьева»

Научный руководитель: Первов Михаил Леонидович,

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Обработка материалов давлением».

Холодная прокатка по сравнению с горячей имеет два больших преимущества: во-первых, она позволяет производить листы и полосы толщиной менее 0,8–1 мм, вплоть до нескольких микрон, что горячей прокаткой недостижимо; во-вторых, она обеспечивает получение продукции более высокого качества по всем показателям - точности размеров, отделке поверхности, физико-механическим свойствам. Эти преимущества холодной прокатки обусловили ее широкое использование, как в черной, так и в цветной металлургии.

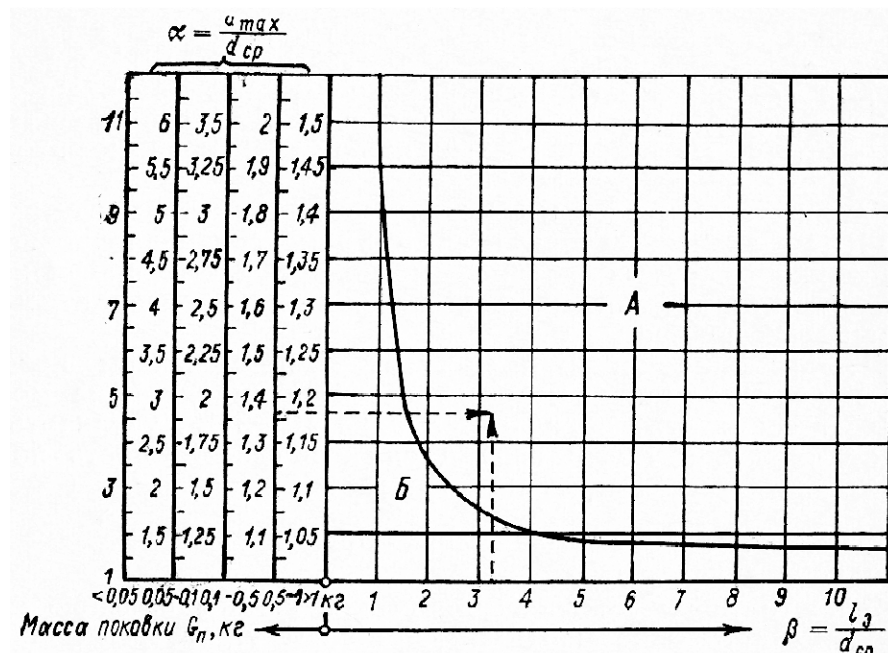


Рисунок 1. Диаграмма для определения необходимости применения вальцовки заготовок: А – зона штамповки, где требуется применение вальцовки; Б – зона штамповки, где не требуется применения вальцовки

Для определения необходимости вальцовки заготовок пользуются диаграммой, представленной на рис. 1. На основании полученной расчетной заготовки (эпюры диаметров) предварительно подсчитывают параметры, характеризующие сложность процесса, а именно:

$$\alpha = d_{\max} / d_{\text{ср}}$$

$$\beta = l_3 / d_{\text{ср}}$$

и массу поковки – G_n . Пользуясь диаграммой (рис. 3) и величинами α , β и G_n , устанавливают необходимость применения ковочных вальцов для получения фасонной заготовки при штамповке данной поковки.

Определения количества пропусков при вальцовке

На основании исследований ЭНИКмаша и внедрения технологии вальцовки заготовок при штамповке большого количества различных поковок на автотракторных заводах страны показано, что подавляющее большинство заготовок для удлиненных поковок при $A / h_0 = 4 - 6$ может быть получено не более чем за два пропуска.

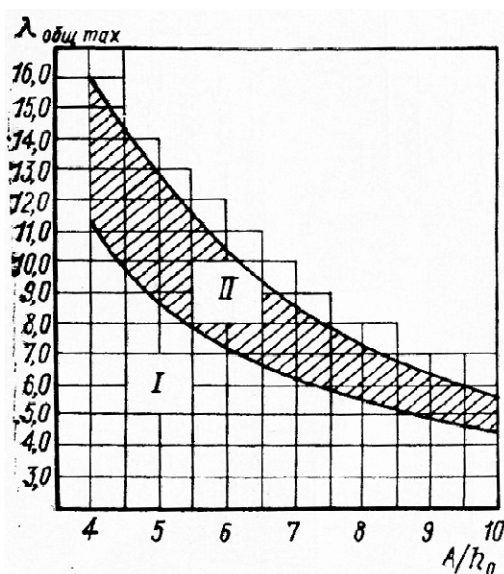


Рисунок 2. График для определения количества пропусков: I – зона вальцовки за два пропуска; II – зона вальцовки за три пропуска

В номенклатуре автотранспортной и инструментальной промышленности таких поковок насчитывается около 90 – 95%.

Экспериментальными исследованиями ЭНИКмаша установлено, что средний коэффициент вытяжки за один пропуск не должен превышать двух, то есть $\lambda_{\text{ср}} \leq 2$. Однако, применяя профилировку заготовок с интенсивными обжатиями, коэффициент вытяжки за один пропуск в зависимости от величины отношения A / h_0 можно увеличить до трех-четырех.

Необходимое количество пропусков при вальцовке различных заготовок можно определить с помощью графика, представленного на рис. 2, где области применения двухручьевого и трехручьевого вальцовки даны в зависимости от $\lambda_{\text{общ.мах}}$ и отношения A / h_0 .

Если величина отношения осей a_1 поперечного сечения заготовки после первого пропуска для получения заданного коэффициента вытяжки $\lambda_{\text{общ, max}}$ будет меньше $a_{1\text{max}}$. То есть $a_1 \leq a_{1\text{max}}$ то вальцовку можно осуществлять за один пропуск.

Разработка методики расчёта основных параметров вальцовки

Вальцевание пера лопатки происходит в вальцовочных накладках на валки, при этом уширение пера лопатки очень незначительно (менее 1...5%), поэтому при разработке модели вальцевания будем считать, что уширение отсутствует, а деформация идет за счет уменьшения высоты пера лопатки и увеличения его длины. Пери лопатки разобьем на участки по длине и по ширине. Длина участка определяется средней длиной очага деформации; а по ширине пера лопатки будем рассматривать k – участков. Количество участков будет определяться закруткой лопатки. Чем больше угол закрутки пера, тем на большее количество участков он разбивается. В результате данного расчёта мы должны определить моменты на валках при вальцовке пера лопатки, а также выяснить будет ли происходить его изгиб при выходе из валков.

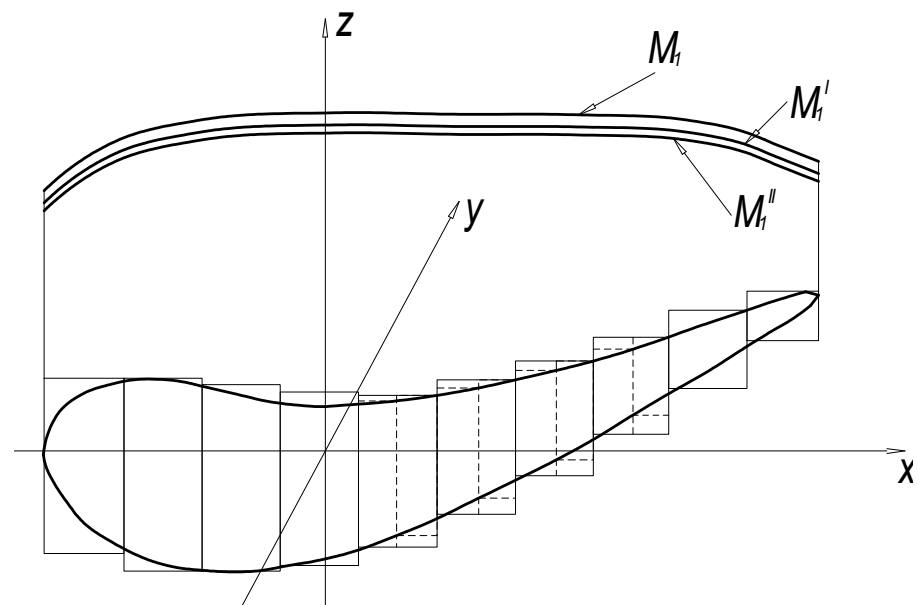


Рисунок 3. Эпюры изгибающих моментов по корыту пера лопатки, в зависимости от количества элементов

Из рисунка 3 видно, что с увеличением количества элементов, на которые разбивается перо лопатки, значение изгибающего момента изменяется. Составим алгоритм, по которому для лопатки можно рассчитать количество элементов, на которые далее её можно будет разбить и произвести дальнейшие расчеты параметров вальцевания профиля пера лопатки. M_i эпюра изгибающего момента при разбиении профиля пера лопатки на k элементов, M_i' - на $(k + 10 \cdot n)$ элементов. Расчет количества элементов проводится по следующей зависимости:

$|M_i - M_{i'}| < \delta$, где δ – некоторое число.

Когда разность изгибающих моментов сравнивается с числом δ , расчет количества элементов останавливаем. Таким образом, можно рассчитать количество элементов, на которые далее можно будет разбить профиль пера лопатки.

Для определения моментов вальцевания сечение лопатки разбиваем на прямоугольники одинаковой ширины Δx (рис. 4). Для каждого такого элемента производим расчёт моментов на нижней и верхней вставке, а затем, просуммировав их, определяем суммарные моменты.

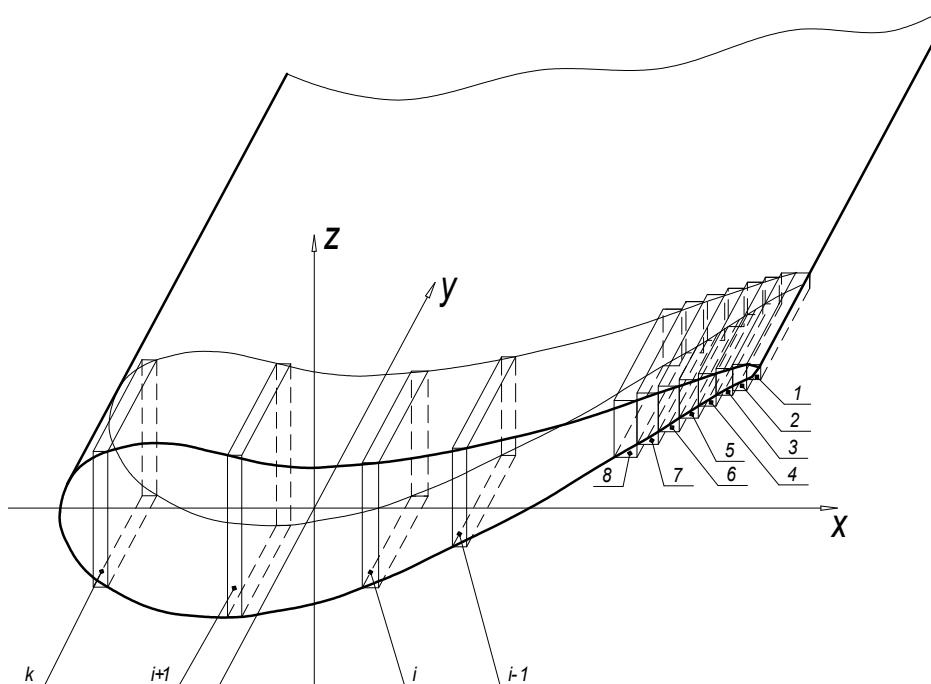


Рисунок 4. Профиль пера лопатки разбитый на прямоугольные элементы

Рассмотрим схему деформирования i -го элемента (рисунок 5). Как было отмечено ранее, уширение пера лопатки незначительно и им пренебрегаем, поэтому деформация элемента в направлении оси x , также отсутствует ($\epsilon = \text{const}$). В зависимости от нахождения i -го элемента в сечении лопатки и её угла закрутки, будем изменять и расстояние до оси вращения валков. Рассматривая деформацию i -го элемента, как плоскую прокатку листа в валках разного диаметра, мы можем определить крутящие моменты на валках, по спинке и корыту пера лопатки.

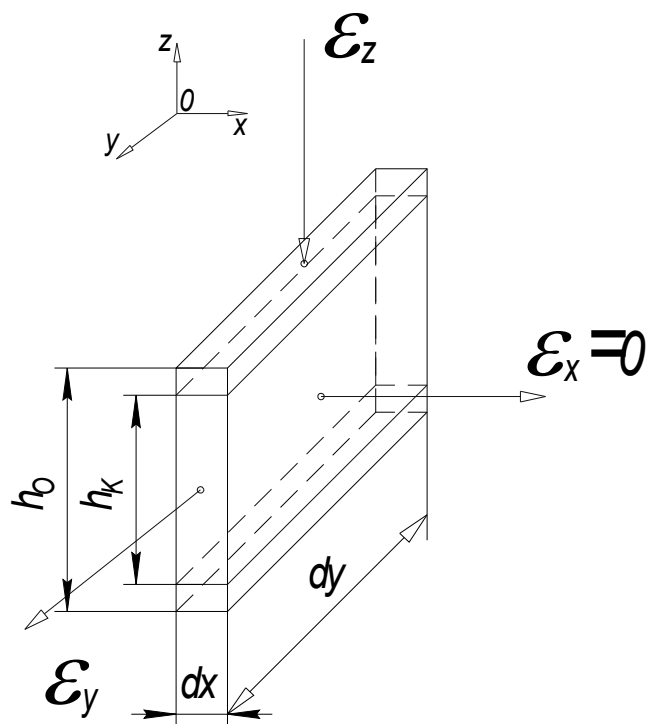


Рисунок 5. Схема деформирования i -го элемента профиля пера лопатки ГТД

Найдя сумму крутящих моментов по спинке и корыту пера лопатки и найдя их разность, можно оценить склонность лопатки к изгибу. Каждый прямоугольный элемент высотой и шириной соответственно h_0 и b после прокатки принимает размеры, h_1 и b .

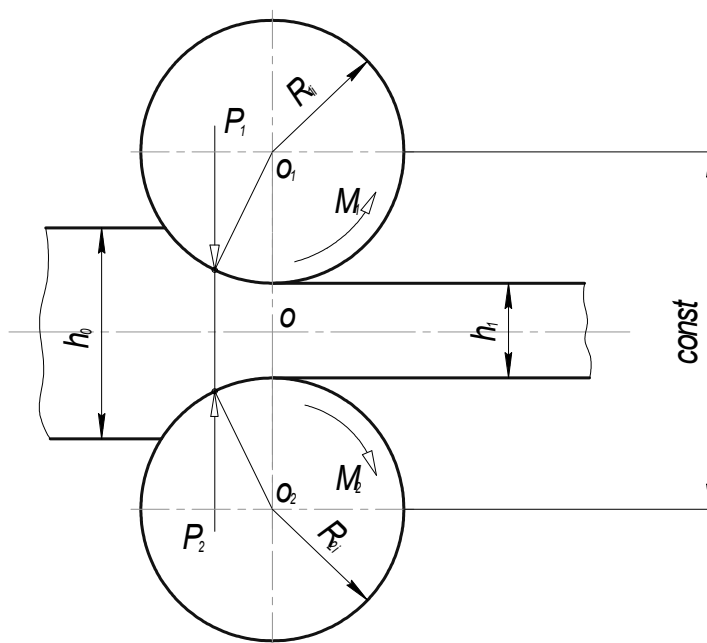


Рисунок 6. Схема прокатки одного элемента пера лопатки ГТД

Описание очага деформации при вальцевании лопатки

Из далее предложенных результатов расчета вальцевания пера лопатки ГТД видно, что соотношение $l/h_{cp} > 4$. Отсюда следует, что в зоне деформации, наблюдается низкий очаг деформации. На низких очагах деформации при $l/h_{cp} > 4$ на контакте полностью господствуют зоны скольжения, деформацию по высоте можно считать равномерной. Коэффициент трения – важная физическая характеристика процесса. Эпюра нормальных напряжений возрастает к нейтральному сечению, создавая вблизи него большие давления. У А.И. Целикова предложена методика расчета основных параметров вальцовки, при низком очаге деформации

l – длина дуги захвата;

$$h_{cp} = h_0 - hl.$$

Угол захвата при прокатке определим по формуле А.И. Целикова [1, стр. 134]:

$$\alpha = \alpha \cdot (\Delta h/r)^{1/2}.$$

Тогда длину дуги захвата определим:

$$l = (r \cdot \Delta h)^{1/2},$$

где r – радиус вала;

Δh – абсолютное обжатие.

Величину нейтрального угла определим по формуле А.И. Целикова [1, стр. 135]:

$$\gamma = \alpha/2(1 - \alpha/2\mu),$$

где μ – коэффициент трения.

При малых значениях Δh и угле захвата примем, что длина проекции дуги захвата равна самой дуге. Тогда координату нейтрального сечения на проекции дуги захвата найдем по формуле А.И. Целикова [1, стр. 135]:

$$N = \sin(\gamma) \cdot R.$$

Определив координату нейтрального сечения и разбив дугу захвата на участки отставания и опережения, определим нормальные напряжения на низком очаге деформации для зоны отставания и для зоны опережения, при соотношении $l/h_{cp} > 4$.

Среднее давление металла на валки по формуле А.И. Целикова [1, стр. 138] составит:

$$p_{cp} = \sum p/l \cdot b,$$

Тогда момент на валке можно определить по формуле Баюкова [1, стр. 141]:

$$M=2 \cdot p_{cp} \cdot b \cdot R^2 \cdot \mu \cdot (\alpha-2\gamma).$$

По данному алгоритму находим моменты для каждого прямоугольного элемента, а затем определяем суммарные моменты на меньшем валке M_1 и большем валке M_2 . Причем на большем валке получается соответственно и больший момент.

В конце расчёта определяем возможность изгиба заготовки. Из-за разности моментов на валках появляется некоторый изгибающий момент:

$$M_{изг} = |M_2 - M_1|.$$

Именно от его действия может произойти изгиб лопатки, но лишь в том случае если напряжение изгиба будет больше или хотя бы равно пределу текучести материала лопатки.

Напряжение изгиба найдём по формуле:

$$\sigma = M_{изг} / W,$$

где W – момент сопротивления сечения лопатки изгибу.

В итоге изгиб лопатки произойдёт когда:

$$\sigma_{max} = M_{изг} / W = Z_{max} \cdot M_{изг} / J < \sigma_T / k$$

k – коэффициент запаса ($k=1,1 - 1,15$)

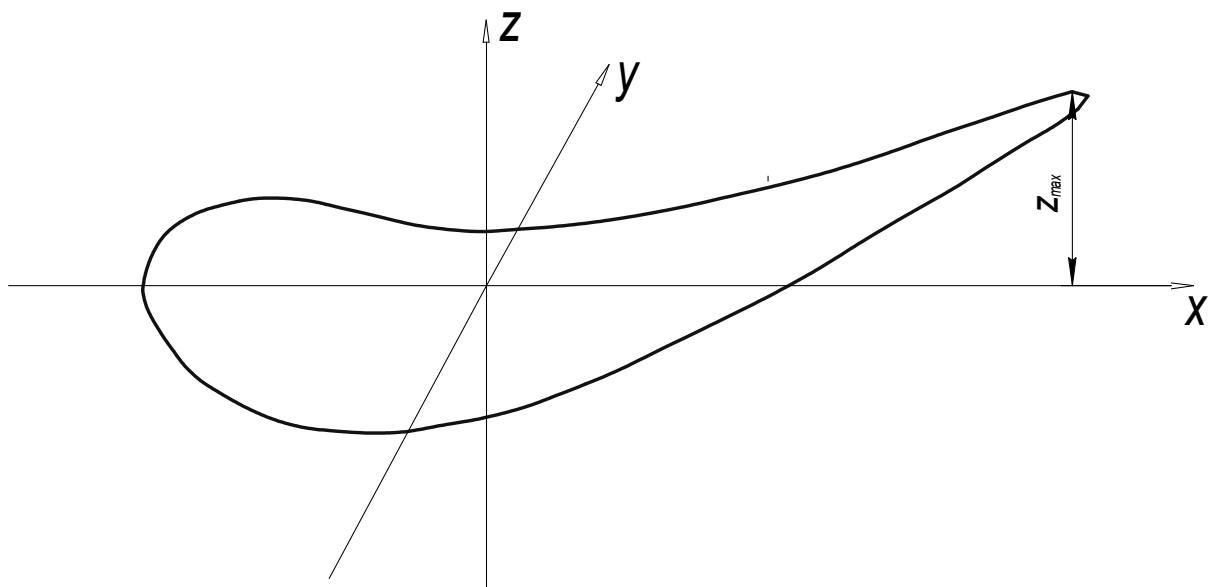


Рисунок 7. Максимальное значение координаты

Таким образом сделаем вывод, что с помощью такой методики расчета вальцевания пера лопатки ГТД, можно заранее просчитать примерный изгиб профиля пера лопатки, изменяя при этом, только значение коэффициента трения на каком-либо валке. При известном угле закручивания профиля пера лопатки, можно определить количество участков. Чем больше угол закрутки пера, тем на большее количество участков он разбивается. В результате данного расчёта мы определили моменты на валках при вальцовке пера лопатки, а также выяснили, в какую сторону будет происходить его изгиб, относительно оси вальцевания, при выходе из валков.

Литература

1. *А.П. Грудев, Л.Ф. Машкин*, «Технология прокатного производства», М.: Металлургия, 1994.– с.102.
2. *Шефтель Н.И.* «Холодная прокатка листовой стали» , М.: Металлургия, 1966.– с.252.
3. *Шефтель Н.И.* «Производство калиброванной и холоднокатанной стали», М. : Металлургиздат, 1956г – с.210 .
4. *Панасенко Ф.Л.* «Холодная прокатка тонколистовой стали», М .: Высшая школа, 1976. – с.176.
5. *Васильев Я.Д., М.М. Сафьян* «Производство полосовой и листовой стали», М, Высшая школа, 1976. – с.87.
6. *Сафьян М.М., В.Л. Мазур* «Технология процессов прокатки и волочения», М, Высшая школа, 1976. – с.135.