

23. *Sommerville J.D., Bell H.B.* The behaviour of titania in metallurgical slags// *Canad. Metallurg. Quart.* – 1982. – 21. – №2. – P. 144–155.

24. *Сидоренко М.Ф.* Теория и технология электроплавки стали. – М.: Металлургия. – 1985. – 270 с.

25. *Любавский К.В.* Металлургия сварки плавлением: Справочник/ Под ред. Е.В. Соколова. – М.: Машгиз. – 1960.

26. *Потапов Н.Н.* Окисление металлов при сварке плавлением. М.: Машиностроение, 1985, 216 с.

27. *Сливинский А.М., Жданов Л.А.* Влияние углерода на металлургические процессы при электродуговой наплавке под флюсом. – Сборник научных трудов

Украинского государственного морского технического университета. – Николаев. – 1999. – №6(366). С. 26–35.

28. *Жданов Л.А., Сливинский А.М.* Роль углерода в формировании газовой фазы при сварке под флюсом.// – Сварка под флюсом сегодня и завтра. – Тезисы докладов международного научно-технического семинара. – Запорожье. – 1998. – С. 13–15.

29. *Жданов Л.А.* Безфтористі матеріали для електродугового відновлення циліндричних деталей малого діаметру та технологія наплавлення в потоці флюсу. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

УДК 621.73

*Скрябин С.А.<sup>1</sup>, Барабой Н.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> НПП „Ухналь”. Украина, Киев.

<sup>2</sup> ГАКХ «Артем». Украина, Киев

### УПРУГАЯ ДЕФОРМАЦИЯ РАБОЧЕЙ КЛЕТКИ КОНСОЛЬНЫХ КОВОЧНЫХ ВАЛЬЦОВ

#### Анотація

У статті описані причини "пружинення" валів консольних кувалевих вальців, що приводять до збільшення міжцентрової відстані і висотних розмірів калібрів, що необхідно враховувати при розрахунку калібрів і виведення формули для визначення "пружинення" валів.

Дані рекомендації по застосуванню устаткування (кувалеві вальці з подовженими валками і встановленою на них додатковою пересувною опорою), що дозволяє деформувати заготовки без "пружинення", підвищити коефіцієнт використання металу, внаслідок збільшення числа переходів і використання некротних відходів шляхом перекошування заготовок більшого поперечного перетину на менший, безпосередньо на них виготовляти профілі складного перетину, деякі види штампованих поковок і значно підвищити продуктивність.

#### Abstract

*This article describes the reasons of rollers' "spring actions" of overhanging roll-forging machines, which bring to increasing the center-to-center distance and altitude size caliber, that is necessary to consider while caliber calculations and formula derivation to determine rollers' "spring actions".*

*Guidelines of equipment (roll-forging machines with extended rollers and installed additional movable bearing on them) application are given here, which allow to deform stock without "spring actions", to increase the metal using factor, on account of increasing of number transitions and using of aliquant drop-outs by means of stock rolling of bigger cross-section to smaller, to produce the shapes*

*of complex section directly on them, some sorts of closed die forgings and greatly to increase productivity.*

Во время вальцовки заготовок давление на валки, возникающее вследствие сопротивления металла деформации, приводит к устранению зазоров и упругой деформации рабочей клетки консольных ковочных вальцов. Вследствие упругой деформации рабочей клетки валки расходятся (пружинят), что приводит к увеличению межцентрового расстояния и высотных размеров калибров. Величина упругой деформации рабочей клетки в наибольшей степени зависит от жесткости ковочных вальцов, степени деформации заготовки, температуры вальцовки и других факторов. Зазор между вальцовочными штампами  $m$  определяют измерением просвета между буртами штампов. Значение его должно быть не менее величины "пружинения" валков при вальцовке, которое необходимо учитывать при расчете калибров.

Для вывода формулы зависимости "пружинения" валков от усилия вальцовки, рассмотрим дифференциальное уравнение изогнутой оси валка под действием сил сопротивления деформации металла. Расположим начало координат на линии выхода вала из корпуса в точке пересечения осей вала и опоры, рис. 1. Изгибающий момент в сечении с абсциссой  $L-X$  определим как момент равнодействующей всех внешних и внутренних сил, действующих на систему.

Изгибающий момент в произвольном сечении валка

$$M_x = EJ(d^2y/dx^2) = P/2(L - X), \quad (1)$$

где  $E$  – модуль упругости вала [для углеродистой стали  $E = (2,0-2,1)10^2$  кг/мм<sup>2</sup>];  $J$  – момент инерции, мм<sup>4</sup>;  $P$  – усилие вальцовки, т;  $L$  – длина вала, мм;

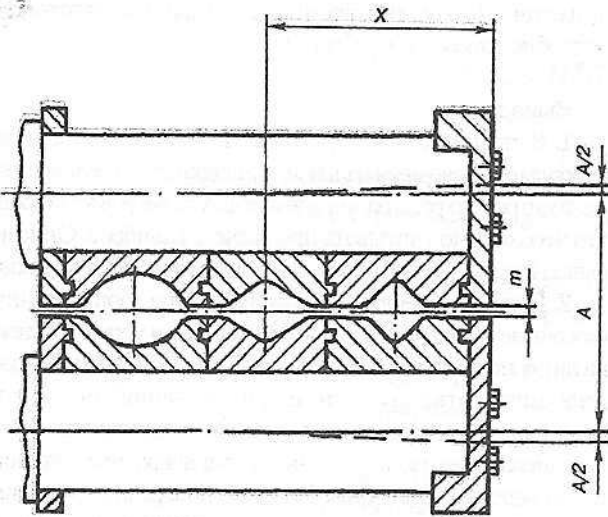


Рис. 1. Изменение межцентрового расстояния валков

X – текущая координата (расстояние от торца вала до точки приложения силы P), мм.

Дважды интегрируя уравнение (1), получим уравнение прогиба вала

$$Y = 1/EJ [P/12(L-X)^2 + C(L-X) + D]. \quad (2)$$

Постоянные интегрирования C и D находим согласно граничных условий

$$Y|_{x=0} = 0; \quad dy/dx|_{x=0} = 0. \quad (3)$$

$$C = -PL^2 / 4; \quad D = PL^3 / 6. \quad (4)$$

Действительно,

$$EJ \, dy/dx = P/4(L-X)^2 + C \quad \text{при } X = 0; \quad (5)$$

$$EJy = P/12(L-X)^3 - PL^2/4(L-X) + D \quad \text{при } X=0; \quad (6)$$

$$PL^3/12 - PL^2/4 + D = 0, \quad \text{откуда } D = PL^3/6. \quad (7)$$

Тогда прогиб вала в любой точке  $X_c(0,L)$  определится по формуле

$$Y = PL^3/6EJ [(L-X)^3/2L^3 - 3(L-X)/2L + 1]. \quad (8)$$

Для консольных валцов моделей С162А, С1335, С1336 и др., зависимость "пружинения" от усилия вальцовки будет определяться по формуле

$$\Delta A = 2Y = PL^3/3 EJ [(L-X)^3/2L^3 - 3(L-X)/2L + 1] + \Psi, \quad (9)$$

где  $\Delta A = 2Y$  – "пружинение" валков при вальцовке, мм;  $\Psi$  – постоянная жесткости ковочных валцов, определяемая опытным путем.

Зависимость "пружинения" от усилия при вальцовке на консольных ковочных валцах моделей С162А, С1335, С1336 конструкции Воронежского завода КПО им. Калинина можно определять по эмпирической формуле полученной опытным путем

$$\Delta A = K(284-X) P/1000 + \Psi, \quad (10)$$

где K – поправочный коэффициент для: овального калибра – 0,4; ромбического калибра – 0,35; квадратного калибра – 0,3; L = 284 – рабочая длина валков, мм.

Консольные валцы – простое, компактное и сравнительно дешевое оборудование, установка и обслуживание которого не вызывает больших трудностей. Консольные валцы (рис. 2) наиболее универсальны, удобны в эксплуатации и экономически эффективны при предварительном профилировании заготовок для последующей штамповки. Их применяют в кузнечных цехах заводов не только массового и крупносерийного производства, но и на многих современных мелкосерийных машиностроительных заводах различных отраслей, имеющих большую номенклатуру штампуемых поковок удлиненной формы с переменным поперечным сечением вдоль оси. Однако консольные ковочные валцы имеют некоторые существенные недостатки технологического характера:

1. Из-за короткой рабочей части валков нет возможности установить достаточное число вальцовочных штампов и соответственно получить большие коэффициенты вытяжки, что снижает технологические возможности ковочных валцов, особенно при подготовке под штамповку заготовок из титановых, алюминиевых, магниевых и высокопрочных конструкционных сталей.

2. При деформации заготовок валки "пружинят" и не обеспечивают точность геометрических размеров по переходам. На таких ковочных валцах нельзя изготавливать штампованные детали и профили со сложным поперечным сечением.

Эти недостатки устраняются при использовании консольных ковочных валцов с удлиненными рабочими валками и установленной на них дополнительной подвижной опорой, рис. 3. Консольные валцы с удлиненными валками и дополнительной подвижной опорой позволяют повысить коэффициент использования металла, вследствие увеличения числа переходов и использования некратных отходов путем перекатки заготовок большего поперечного сечения на меньшее, непосредственно на них изготавливать профили сложного

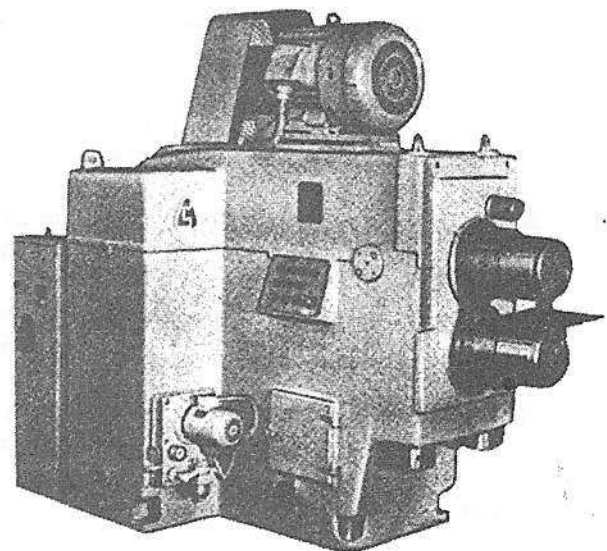


Рис. 2. Одноклетевые консольные ковочные машины

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ ПРОЦЕССОВ, МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ

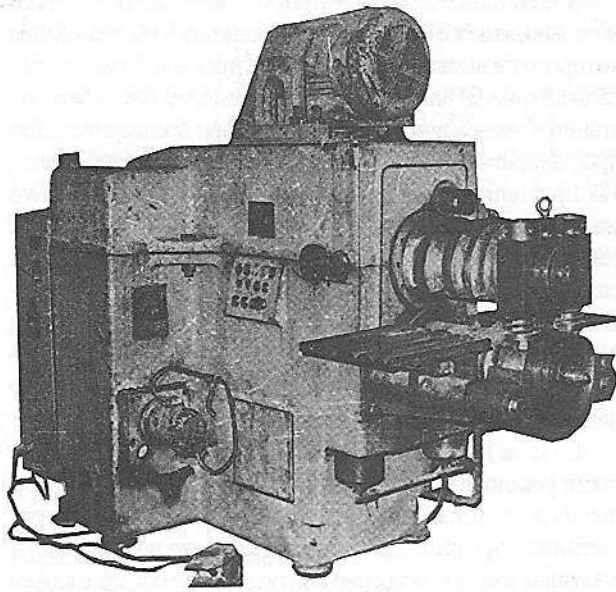


Рис. 3. Ковочные валцы с дополнительной передвижной опорой

сечения, некоторые виды штампованных поковок и значительно повысить производительность. Описание

применяемого оборудования для вальцовки заготовок подробно изложено в работе [1].

#### Выводы

1. В статье указаны причины "пружинения" валков консольных ковочных валцов, приводящие к увеличению межцентрового расстояния и высотных размеров калибров, что необходимо учитывать при расчете калибров. Описан вывод формулы для определения "пружинения" валков.

2. Даны рекомендации по применению оборудования (ковочные валцы с удлиненными валками и установленной на них дополнительной передвижной опорой), позволяющее деформировать заготовки без "пружинения", повысить коэффициент использования металла, вследствие увеличения числа переходов и использования некратных отходов путем перекатки заготовок большего поперечного сечения на меньшее, непосредственно на них изготавливать профили сложного сечения, некоторые виды штампованных поковок и значительно повысить производительность.

#### Литература

Скрябин С. А. Изготовление поковок из алюминиевых сплавов горячим деформированием. – К.: КВИЦ, – 2004. – 346 с.