

УДК 62-254.61:621.963

А. В. АНТОНЕНКО, гл. специалист, ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Харьков;
А. В. ПАВЛЮК, науч. сотр., ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Харьков;
Н. А. РАЗИНЫКОВ, мл. науч. сотр., ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Харьков;
Д. Ю. КОНОНЕНКО, инженер, ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Харьков.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ОБОДОВ КОЛЕС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГРЕГАТА ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОЙ РЕЗКИ

Проведен анализ марочной и размерной номенклатуры исходного металлопроката, используемого при изготовлении колесных дисков и ободов. Определены параметры и характеристики раскроя рулонов, необходимые для выбора агрегата. Рассмотрено одно из направлений повышения экономической эффективности производства ободов колес путем оптимизации технологии производства заготовок с учетом производственной программы.

Ключевые слова: колесо, обод, рулон, заготовка, схема раскроя, годовая программа, коэффициент использования металла, коэффициент раскроя

Введение. Конструкция ободов колес определяется устройством автомобиля и условиями его эксплуатации.

Обода колес изготавливаются штамповкой, профилированием, формированием из профильного проката и литьем.

В качестве исходной заготовки для радиального профилирования ободов используется сварная цилиндрическая обечайка, изготовленная из листового материала. Прямоугольную заготовку завивают в разрезную обечайку и сваривают место стыка. Затем у сварного шва одновременно с наружной и внутренней сторон удаляется грат заподлицо с основным металлом. Полученной цилиндрической обечайке с использованием операций раздачи и обжима, придают форму с требуемыми механическими характеристиками и посадочными местами (рис. 1).

Изготовление ободов радиальным профилированием обечайки экономично и не требует применения специальных профилей проката, штамповочного или плавильного оборудования, специальных машин для литья и нагрева. При этом методе формообразования снижается расход энергии и металла, ниже стоимость инструмента и доля механической обработки, выше производительность. Значительные потери металла в отход ($\approx 10-15\%$) происходят в основном на заготовительных операциях производства, что снижает коэффициент использования металла (*КИМ*). Это становится существенным в условиях серийного, крупносерийного и массового производства, так как снижает экономическую эффективность производства в целом. Экономия 1 % материальных ресурсов обеспечивает снижение общих затрат в 2...3 раза больше, чем экономия 1 % заработной платы и почти в 4 раза больше, чем экономия 1 % капиталовложений [1].



Рис. 1 – Поперечный разрез колеса, обод которого изготовлен методом радиального профилирования: а – легкового и б – грузового автомобилей

Разработка и внедрение эффективных технических решений на заготовительных операциях производства ободов является важнейшим направлением, обеспечивающим экономию металла.

Цель исследования, постановка проблемы. Целью данной работы является разработка ресурсосберегающей технологии и повышение экономической эффективности заготовительного производства путем оптимизации раскроя при порезке заготовок ободов с использованием современных агрегатов распуска рулонного проката.

В настоящее время при производстве заготовки для изготовления ободов колес используется следующая номенклатура размерного сортамента исходного металлопроката:

- лист холоднокатаный толщиной от 2, 0 до 2, 5 мм и горячекатаный – от 2, 8 до 8, 0 мм, шириной от 850 до 1620 мм;
- полоса толщиной 5, 5 и 6, 0 мм, шириной от 267 до 334 мм;
- лента толщиной от 2, 3 до 3, 2 мм, шириной от 185 до 381 мм.

Доля использования листа, в качестве исходного металлопроката, составляет $\approx 80\%$.

Различают индивидуальную и комбинированную схемы раскроя металлопроката [2]. Индивидуальная схема подразумевает участие в раскрое одного наименования детали, комбинированная – два и более наименования.

Для оценки эффективности использования металла всего производственного процесса используют *КИМ*. В работе [2] *КИМ* определяется как отношение суммарной площади детали без отверстий, получаемых из полосы, к площади полосы или ленты. Выразим данное определение *КИМ* через массу детали и норму расхода материала на деталь:

$$КИМ = \frac{m_{дет}}{H_p}, \quad (1)$$

где: $m_{дет}$ – масса детали, кг;

H_p – норма расхода на деталь, кг.

Для оценки эффективности только заготовительного производства введем понятие коэффициента раскроя (*КР*). Показатель *КР*, также как и *КИМ*,

качественно характеризует степень эффективности технологического процесса. KP по величине больше, или равен $KИМ$, но не превышает по значению единицы.

KP для индивидуального типа раскроя с участием одного наименования детали равен:

$$KP = \frac{m_3}{n_{\partial} H_p}, \quad (2)$$

где m_3 – масса заготовки, кг;

n_{∂} – количество деталей из заготовки, шт.

Если в раскрое участвует две и более позиции деталей, то выражение для KP будет иметь вид:

$$KP = \frac{n_1 m_1 + n_2 m_2 + \dots + n_i m_i}{n_1 n_{\partial 1} H_{p1} + n_2 n_{\partial 2} H_{p2} + \dots + n_i n_{\partial i} H_{pi}} = \frac{\sum(n_i m_{3i})}{\sum(n_i n_{\partial i} H_{pi})}, \quad (3)$$

так как

$$\sum(n_i n_{\partial i} H_{pi}) = M,$$

где M – масса рулона или листа, кг;

$n_{\partial i}$ – количество деталей i -го наименования, получаемых из заготовки, шт.

В большинстве случаев для ободов $n_{\partial i} = 1$.

Для комбинированной схемы раскроя:

$$KP = \frac{\sum(n_i m_i)}{M}. \quad (4)$$

Норма расхода H_p есть величина, учитывающая расход материальных ресурсов на единицу продукции с учетом отходов, возникающих в процессе производства:

$$H_{pi} = \frac{m_i + m_{omx}}{n_{\partial i}}, \quad (5)$$

где: m_{omx} – удельная масса отхода на одну заготовку, кг/шт;

$$\begin{aligned} m_{omx} &= \frac{(n_1 n_{\partial 1} H_{p1} + n_2 n_{\partial 2} H_{p2} + \dots + n_i n_{\partial i} H_{pi}) - (n_1 m_1 + n_2 m_2 + \dots + n_i m_i)}{n_1 + n_2 + \dots + n_i} = \\ &= \frac{\sum(n_i n_{\partial i} H_{pi}) - \sum(n_i m_i)}{\sum n_i} = \frac{M - \sum(n_i m_i)}{\sum n_i}. \end{aligned}$$

$\sum(n_i m_i)$ – суммарная масса заготовок, получаемая из листа или рулона, кг;

$\sum n_i$ – суммарное количество заготовок, получаемых из листа или рулона, шт.

Выражая норму расхода на деталь через KP , получим:

$$H_{pi} = \frac{m_i + \left[\frac{M(1 - (KP))}{\sum n_i} \right]}{n_{oi}} \quad (6)$$

KP , выраженный через норму расхода i -ой детали при комбинированном типе раскроя, равен:

$$KP = 1 - \frac{\sum n_i (n_{oi} H_{pi} - m_i)}{M} \quad (7)$$

Использование того или иного вида металлопроката определяет технологию получения заготовки.

Раскрой листа и полосы на штучные заготовки производится на кривошипных гильотинных ножницах. Раскрой ленты на штучные заготовки производится на специальной линии поперечной резки. Недостатками резки заготовок на пресс-ножницах являются низкая производительность, большая трудоемкость, низкий KP .

Изменение величин KP в зависимости от вида металлопроката и его толщины при использовании действующей технологии производства и системы раскроя заготовок приведено в табл. 1.

Таблица 1. Коэффициент раскроя в зависимости от толщины и вида металлопроката

Вид металлопроката	Толщина, мм	Коэффициент раскроя	
		min	max
лист	2, 0-3, 5	0, 829	0, 993
	3, 8-5, 5	0, 725	0, 993
	5, 7-8, 0	0, 672	0, 987
полоса	5, 5; 6, 0	0, 979	0, 985
лента	2, 4; 3, 2	0, 991	0, 997

Как видно из таблицы наибольшее значение KP имеют процессы, где в качестве исходной заготовки используется лента ($KP = 0,997$) или полоса ($KP = 0,985$). При этом достигается экономия металла на обрезе (рис. 2).

Использование листа для получения штучных заготовок снижает KP , поскольку добавляется боковая обрезь (рис. 3).

Ленту получают продольным роспуском рулонного металлопроката на агрегатах продольного роспуска (АПР). Результаты выполненного анализа показывают возможность достижения экономии металла и снижения затрат на закупку исходного металлопроката при получении заготовок из рулонного проката.

Материалы исследований. С целью повышения качества и рентабельности производства предложена технология раскроя заготовок ободов с применением современных агрегатов продольного роспуска и поперечной резки рулонов. Схема раскроя рулонной стали на АПР приведена на рис. 4.

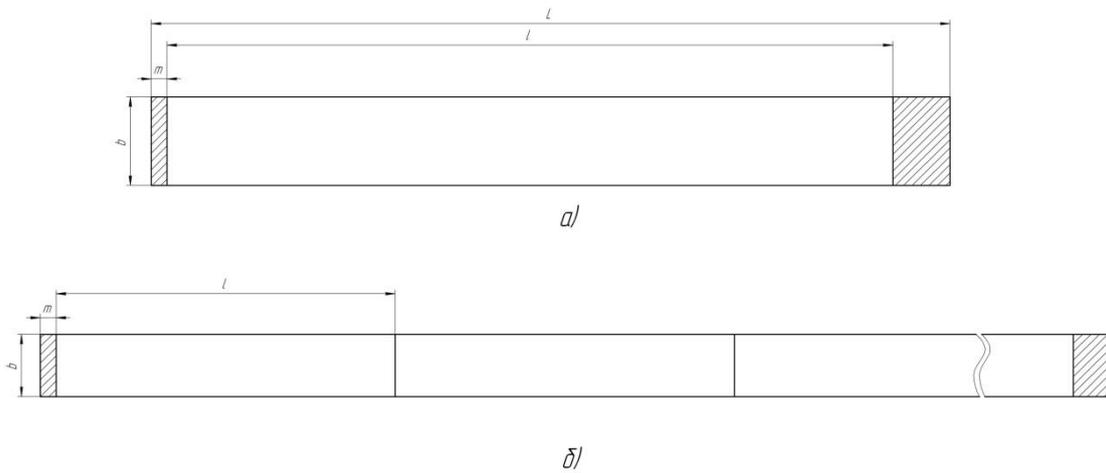


Рис. 2 – Схема раскроя: *a* – полосовой стали и *б* – ленты, где *m* – концевая обрезь

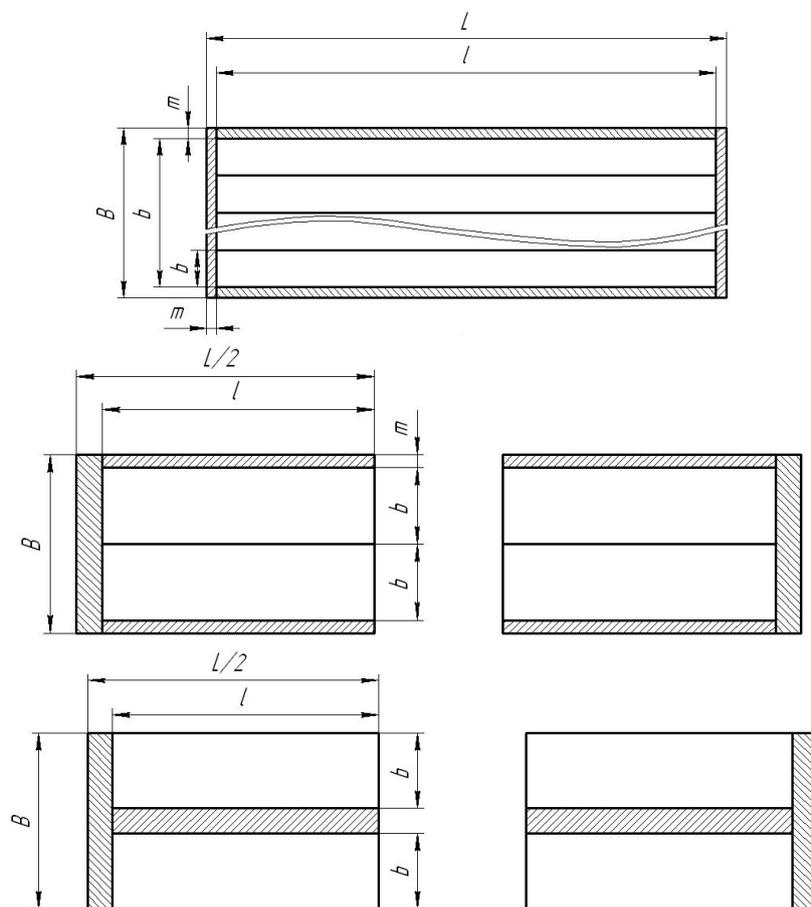


Рис. 3 – Схемы раскроя листовой стали, где *m* – концевая и боковая обрезь

На металлургических комбинатах для распуска металлопроката устанавливается следующее оборудование [3]:

- агрегат продольного распуска широкого рулонного проката на более узкие ленты, сматываемые в рулон;
- агрегат поперечной резки рулонного проката на мерные листы;
- агрегат продольно – поперечной (комбинированной) резки рулонного проката.

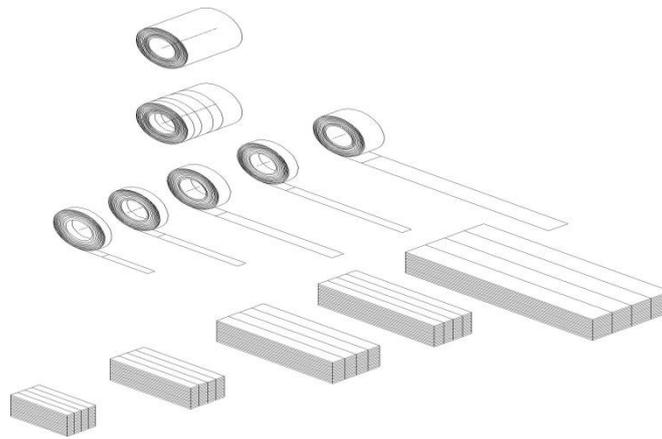


Рис. 4 – Схема раскроя рулонной стали на АПР

Первичный выбор типа агрегата продольно-поперечной резки рулона осуществляется по параметрам разрезаемого материала:

- наименьшая и наибольшая толщина металла;
- марка стали (предел текучести);
- наружный и внутренний диаметр рулона;
- минимальная и максимальная ширина рулона;
- максимальный вес рулона;
- тип поверхности металла;
- минимальная ширина получаемой ленты;
- количество одновременно выполняемых резов;
- производительность агрегата.

Размерный сортамент заготовок ободов колес включает 271 наименование деталей. Марочная номенклатура сталей представлена малоуглеродистыми конструкционными сталями обыкновенного качества, качественными и высококачественными низколегированными сталями, содержащими марганец, ванадий, алюминий, титан.

Основная доля потребляемого металла приходится на сталь 10пс и толщину 2,3; 2,4; 3,0; 3,8; 4,5; 5,0; 5,5; 5,7; 6,0 и 7,0 мм, что составляет $\approx 42\%$ от годового потребления металлопроката. На толщины 5,5; 5,7; 6,0; 7,0 мм приходится $\approx 22\%$ (рис. 5).

Минимальные значения ширин листов находятся в пределах:

- 900÷1450 мм при толщине $S=2,0-3,5$ мм;
- 1000÷1420 мм при толщине $S=3,8-5,5$ мм;
- 850÷1450 мм при толщине $S=5,7-8,0$ мм.

Максимальное значение ширины листа применяемого в производстве заготовок колес равно 1620 мм и соответствует стали 10пс и толщинам 7,0 и 8,0 мм.

Для окончательного выбора агрегата продольно-поперечной резки необходимо разработать рациональную технологию и определить параметры оптимального раскроя заготовок.

Решение задачи снижения обрезки металла сводится к оптимизации схемы раскроя рулонного металлопроката с учетом производственной программы.

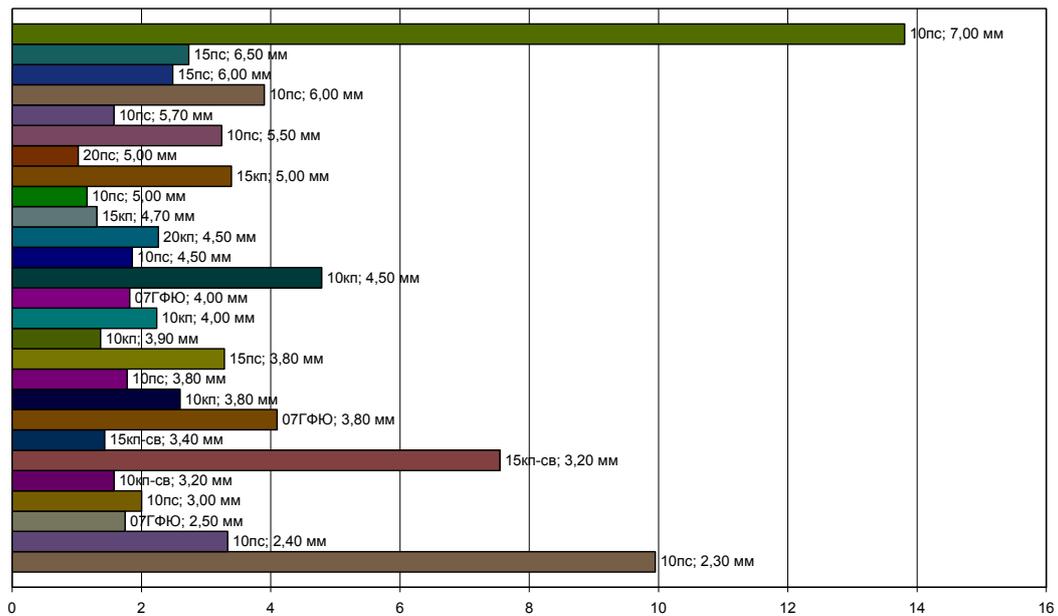


Рис. 5 – Массовая доля металлопроката для изготовления заготовок автоободов, %

При оптимизации раскроя рулонной стали необходимо стремиться использовать максимальные массы поставляемых по ГОСТ рулонов, так как это увеличивает KP и уменьшает норму расхода на деталь.

Из уравнения (7) следует, что чем больше масса листа или рулона M , используемого в комбинированной схеме раскроя, тем больше KP . На практике максимальная масса применяемых рулонов ограничена грузоподъемностью транспортных средств и цеховых кранов.

Определены оптимальные размеры рулонного металлопроката по ГОСТ 16523-97, которые варьируются в пределах:

- толщина металла – 2–8 мм;
- ширина рулона – 500–1800 мм;
- максимальный вес рулона – до 15 т.

Ниже приведен алгоритм оптимизации раскроя рулонного проката при производстве заготовок ободов.

Имеются рулоны в количестве n с ширинами $B_1, B_2 \dots B_n$.

Имеется группа заготовок толщиной t в количестве k с ширинами $b_1, b_2 \dots b_k$ и длиной соответственно $l_1, l_2 \dots l_k$, с годовой программой (штуки) $G_1, G_2 \dots G_k$.

Необходимо найти варианты порезки заданных рулонов, удовлетворяющие условию минимального отхода металла в обрезь.

Определяем длину полосы по каждой заготовке для выполнения годовой программы:

$$L_i = l_i \cdot G_i \quad (i=1 \dots k).$$

Задаем максимальное количество резов R_{max} .

Определяем минимальную ширину заготовки b_{min} .

Вычисляем максимальное количество полос каждой заготовки, которое может быть размещено в ширине рулона целое (число от деления):

$$K_{max_i} = B/b_{min} (i=1 \dots k).$$

Если $K_{max_i} > R_{max}$ то $K_{max_i} = R_{max}$.

Исходя из того, что отход не должен быть больше ширины минимальной заготовки оптимальные варианты будем искать в диапазоне от $B-b_{min}$ до B .

Поиск оптимальных вариантов ведется методом прямого перебора.

Вводится целевая функция:

$$F = b_1 \cdot i_1 + b_2 \cdot i_2 + \dots + b_{k-1} \cdot i_{k-1} + b_k \cdot i_k,$$

где: $i_1, i_2 \dots i_{k-1}, i_k$ – переменные, задающие количество заготовок одной ширины, участвующие в наборе раскроя и изменяющиеся в пределах:

$$(i_1 = 0 \dots K_{max_1})$$

$$(i_2 = 0 \dots K_{max_2})$$

...

$$(i_{k-1} = 0 \dots K_{max_{k-1}})$$

$$(i_k = 0 \dots K_{max_k})$$

Коэффициент использования металла $K_{ум} = F/B$.

Из условия что $B-b_{min} < F < B$ и $K_{ум}$ больше заданного нами значения определяем варианты оптимального раскроя по всем заданным ширинам рулонов.

Результаты исследования. По приведенному алгоритму была разработана компьютерная программа рационального раскроя рулонов с учетом номенклатуры и годового объема производства.

В качестве примера в табл. 2 приведены результаты расчетов раскроя заготовок толщиной 3,1–4,5 мм из стали марки 07ГФЮ.

Таблица 2 – Расчет раскроя заготовок толщиной 3, 1-4, 0 мм из стали марки 07ГФЮ

Вариант раскроя	Толщина, мм	Заготовка (bхl), мм	Годовая программа, м	Годовая программа, кг	Ширина рулона, мм	Количество полос по ширине рулона, шт	Кол-во резов	Отход по новой технологии, %	Отход по существующей технологии, %
1	3.1	360x1070	3566	31243	1100	3	4	1.8	2.7
2	3.8	386x1140	29451	339108	1600	2	5	1.7	2.0
	3.8	400x1200	42000	501144		2		1.7	1.6
3	3.8	400x1200			1610	4	5	0.6	1.6
4	3.8	442x1320	15840	208849	1800	2	5	1.1	2.6
		448x1350		15047		2		1.1	2.9
5	3.8	442x1320			1800	4	5	1.8	2.6
6	3.8	415x1240	2895	35829	1260	3	5	1.2	2.0
7	3.8	425x1280	1280	16228	1710	4	5	0.6	3.4
8	3.8	425x1260	1051	13323	1710	4	5	0.6	2.5
9	4.0	410x1210	31260	402431	1250	3	4	1.6	2.1

Выводы:

1. Анализ марочной и размерной номенклатуры исходного металлопроката для производства заготовок, используемых при изготовлении

ободов, а также действующих технологии производства и схемы раскроя заготовок показал, что наиболее эффективным является раскрой металла из ленты.

2. Основными техническими мероприятиями направленными на снижение расхода металла и затрат на производство заготовок является создание специализированного участка производства заготовок ободов с применением в качестве основного оборудования для раскроя рулонного проката агрегатов продольной и поперечной резки рулонов.

3. Принятые расчеты оптимального раскроя заготовок рулонного металлопроката позволят снизить отход металла в обрезь на 2, 67 %.

Список литературы: 1. *Чигиринский В.В.* Производство высокоэффективного металлопроката / *В.В. Чигиринский, В. Л. Мазур, Г. В. Бергеман, Г. И. Леготкин, А. Г. Слепынин, Т.Г. Шевченко.* Монография. – Днепропетровск: РВА «Днипро – ВАЛ», 2006. – 262 с. 2. *Романовский В.П.* Справочник по холодной штамповке / *В.П. Романовский.* – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. 1979. – 520 с. 3. *Королев А.А.* Механическое оборудование прокатных и трубных цехов / *А.А. Королев* – М.: Металлургия, 1987. – 480 с.

Надійшла до редколегії 28.10.2013

УДК 62-254.61:621.963

Ресурсосберегающая технология получения заготовок ободов колес с использованием агрегата продольно-поперечной резки / Антоненко А. В., Павлюк А. В., Разиньков Н. А., Кононенко Д. Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 43 (1016). – С. 11–19. Бібліогр.: 3 назви.

Проведений аналіз марочної та розмірної номенклатури початкового металлопрокату, використовуваного при виготовленні колісних дисків і ободів. Визначені параметри і характеристики розкрою рулонів, необхідні для вибору агрегату. Розглянуто один з напрямків підвищення економічної ефективності виробництва ободів коліс шляхом оптимізації технології виробництва заготовок з урахуванням виробничої програми.

Ключові слова: колесо, обід, рулон, заготовка, схема розкрою, річна програма, коефіцієнт використання металу, коефіцієнт розкрою.

Analysis of the grade and dimensional range of original metal used in the manufacture of wheels and rims was carried out. Defined are the parameters and characteristics of rolls cutting, required for selecting a plant unit. One of the ways of increasing economical efficiency of wheel rims production was investigated, in order to optimize blanks manufacturing technology with considerations for the production program.

Keywords: wheel, rim, roll, blank, cutting scheme, the annual program, rate of metal use, cutting rate.

УДК 621.771.63

А. В. АХЛЕСТИН, нач. отдела, ООО «МЕКАП», Харьков

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ВАЛКОВ ПРОФИЛЕГИБОЧНЫХ СТАНОВ С РАЗДЕЛЬНЫМ ВРАЩЕНИЕМ ФОРМУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Проанализированы существующие конструкции валков с отдельным вращением формирующих элементов. Выявлены основные проблемы, связанные с проектированием таких валков и их использованием при производстве гнутых профилей с декоративно-защитным покрытием. Даны практические рекомендации, направленные на совершенствование конструкции валкового