



УКРАЇНА

(19) UA (11) 3203 (13) C1

(51) C 21 D 8/06, B 21 B 1/38

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ТЕРМОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ АРМАТУРНОЇ СТАЛІ

1

(21) 93040365

(22) 18.11.92

(24) 16.05.94

(46) 26.12.94. Бюл. № 5-1

(56) 1. Патент СССР № 1626508.

кл. В 21 В 45-02, 1989

2. Патент СССР № 1802950.

кл. С 21 D 8/06, 1/20, 1990 (прототип).

(72) Сапригін Хразален Михайлович, Крупник Ісаак Абрамович, Гончар Володимир Павлович, Гавриленко Євген Дмитрович, Енвальд Анатолій Васильович, Крупник Леонід Ісаакович, Зосименко Валерій Дмитрович, Філонов Юрій Всеволодович

(73) Український державний науково-дослідний інститут металів, Дніпропетровський металургійний завод ім.Комінтерну

(57) Способ термомеханической обработки арматурной стали, включающий аустенизацию заготовки, прокатку в калибрах и ускоренное охлаждение раската, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что аустенизацию заготовки проводят при температуре 1150-1000°C, черновую прокатку в калибрах завершают

2

переобжатием прикромочных участков сечения полосового раската, превышающим на 11-30% коэффициент обжата центрального участка, затем подстуживают переобжатые участки раската до температуры порога рекристаллизации, устраняют его разнотолщинность, а последующие ребровые обжаты выполняют с подстуживанием локальных зон боковых поверхностей раската, попеременно смещая зоны подстуживания от середины сечения раската в сторону одного, а затем другого из переобжатых ранее прикромочных участков, причем температуру зон локального подстуживания снижают до величины:

$$T = (875 - 122Y_3) + (50 - 100^\circ\text{C}) = T_0 + (50 - 100^\circ),$$

где $Y_3 = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Ni}}{40}$ - углеродный эквивалент, определяемый массовым содержанием углерода, марганца, кремния, хрома и никеля в прокатываемой стали;

T_0 - температура аномальной пластичности.

Изобретение возможно использовать в черной металлургии и более конкретно при производстве арматурной стали. Возможно его использование также при производстве круглых, шестигранных, квадратных и других осесимметричных профилей повышенной прочности, а также при производстве профилей с продольным разделением (слитинг-процесс).

Известен способ производства арматурных стержней, включающий нагрев заготовки, черновую и предчистовую прокатку,

регулируемое охлаждение в зонах боковых поверхностей предчистового раската и прокатку в чистовом калибре [1]. Способ позволяет снизить износ чистовых валков и несколько повысить качество прокатки за счет локального подстуживания участков боковой поверхности предчистового раската. Однако в целом это обычная прокатка арматурного профиля без глубинных подвижек металла в процессе формоизменения при прокатке заготовки до готового профиля. При этом не реализуются полностью воз-

ДІЯ ПАТЕНТНОЇ
ІНФОРМАЦІЇ

№

И

Р.

(19) UA (11) 3203 (13) C1

возможности термомеханической обработки металлов давлением.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является выбранный в качестве прототипа способ производства арматурной стали, включающий аустенизацию заготовки, черновую прокатку в калибрах с обжатиями, вызывающими процесс рекристаллизации, ускоренное охлаждение раската и чистовую прокатку [2].

В соответствии со способом-прототипа в двух проходах, предшествующих чистовому, раскат прокатывают с коэффициентами обжатия, постоянными по ширине раската и, по крайней мере, на 3% превышающими критическое значение, вызывающее процесс динамической рекристаллизации. Затем ускоренно охлаждают на 30–50° и деформируют в чистовом проходе с коэффициентом обжатия, по крайней мере, на 3% не достигающим критического значения.

Критические значения коэффициентов обжатия при температурах 1050–850°C находятся в пределах 1,028–1,33 соответственно. В способе более удачно сочетаются специально заданные режимы обжатия при черновой и чистовой прокатке с ускоренным промежуточным охлаждением между ними, что обеспечивает некоторое повышение качества арматурной стали, однако предлагаемые деформационно-температурные режимы (коэффициент обжатия 3% и подстуживание на 30–50°) далеко не достаточны, чтобы кардинально повысить качество проката, существенно снизить энергетические затраты в прокатном производстве.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования способа термомеханической обработки арматурной стали, в котором за счет интенсификации процесса деформации металла на разных этапах прокатки в сочетании с принудительным охлаждением, обеспечивается повышение механических характеристик арматурной стали, что приводит к улучшению ее качества.

Для решения поставленной задачи заявляемый способ термомеханической обработки арматурной стали включает аустенизацию заготовки, прокатку в калибрах и ускоренное охлаждение раската. Аустенизацию заготовки проводят при температуре 1150–1000°C, черновую прокатку в калибрах, завершают переобжатием прикромочных участков сечения полосового раската, превышающим на 11–30% коэффициент обжатия центрального участка. После чего подстуживают переобжатые участки раската до температуры порога рекристал-

лизации и устраняют его разнотолщинность. Последующие ребровые обжатия выполняют с подстуживанием локальных зон боковых поверхностей раската, поочередно смещая зоны подстуживания от середины сечения раската в сторону одного, а затем другого из переобжатых ранее прикромочных участков. Причем температуру зон локального подстуживания снижают до величины

$$T = (875 - 122 U_3) + (50 - 100^\circ\text{C}) = T_0 + (50 - 100^\circ\text{C}),$$

где $U_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40}$ – углеродный эквивалент, определяемый массовым содержанием углерода, марганца, кремния, хрома и никеля в прокатываемой стали, в %.

T_0 – температура аномальной пластичности.

Выполнение при относительно высокой температуре (температура устойчивого аустенита 1150–1000°) основной деформации (до 60–65% от суммарной ее величины), позволяет существенно снизить энергетические затраты на деформацию профиля и одновременно интенсифицировать проработку металла при этих температурах переобжатием кромок на 11–30% и поперечными подвижками металла между центральным и прикромочными участками. Устранение разнотолщинности можно выполнять одновременно с формовкой пережима для слитинг-процесса.

Последующее устранение разнотолщинности неравномерно охлаждаемого по сечению раската позволяет продолжить интенсивную проработку металла путем поперечного смещения металла в противоположном направлении (от центра к кромкам), что более эффективно по сравнению с прокаткой в подготовительных вытяжных калибрах, например, овал-квадрат-овал и др. Последующие ребровые обжатия с подстуживанием локальных зон боковых поверхностей, выполняемые с поочередным смещением зоны подстуживания середины сечения раската в сторону одного, затем другого из переобжатых ранее прикромочных участков, позволяют и на завершающих этапах прокатки интенсифицировать процесс проработки металла как по высоте, так и по ширине сечения раската. Одновременно снижается износ ребровых калибров благодаря охлаждению зон, не подвергаемых прямому обжатию, а заданный температурно-деформационный режим позволяет осуществить на заключительном этапе прокатки термомеханическую обработку стали.

В заявляемом решении устраняется разнотолщинность полосового раската на мелкосортном стане ($E/D < 0,1$); при этом градиент неравномерности обжатия превышает 0,13. В этом случае при выравнивании полосового профиля обеспечивается переобжатие на величину 11–30% и дополнительное смещение металла между неравномерно охлажденными участками сечения, что позволяет, в конечном итоге, повысить механические характеристики стали.

Все перечисленные существенные признаки изобретения реализуются посредством разработки калибровок прокатки всех профилей арматурной стали и выполнения заданного температурного режима прокатки профилей на сортовом стане.

При прокатке заготовок, нагретых выше температуры аустенизации 1150°C , практически не обеспечивается завершающий этап деформации профиля в области нерекристаллизующегося аустенита и в результате механические характеристики металла снижаются, увеличивается расход топлива на нагрев. Завершение черновой прокатки при температуре аустенизации ниже 1000°C неоправданно повышает нагрузки на двигатели чистовой группы клетей (при осуществлении заданного режима охлаждения), а без заявляемых режимов охлаждения на заключительном этапе деформации не будет достаточно решена задача повышения необходимого качества арматурных профилей.

Прокатка профилей с разницей обжатий между элементами менее 11%, не приводит к заметным поперечным смещениям металла, ухудшается проработка металла и снижается его качество. При разнице обжатий более 30% нарушается стабильность прокатки профилей из-за увеличения углов захвата металла, снижается производительность прокатки.

Завершение прокатки при температуре, превышающей значение $T = (875 - 122 U_3) - 100$, сопровождается относительно крупнозернистой структурой металла, снижаются его прочностные характеристики. При температуре ниже $T = (875 - 122 U_3) - 50$ прокатка осуществляется в области аномальной пластичности ($A_{r3} \pm 40^{\circ}\text{C}$), существенно снижаются пластические свойства готовой арматурной стали.

Проведенный анализ заявляемого способа производства арматурной стали свидетельствует, что благодаря последовательному осуществлению разновеликих локальных деформаций при черновой и подготовительной прокатке, обеспечению дополнительных приемов

улучшения проработки металла и в сочетании с совершенствованием температурно-режима прокатки улучшается качество профилей, обеспечивается экономия энергосурсов в процессе их прокатки.

Сущность изобретения поясняется чертежом, на котором изображено: на фиг.1 схема прокатки в черновых и подготовительных калибрах; на фиг.2 – схема прокатки в предчистовых и чистовых калибрах.

В процессе термомеханической обработки арматурной стали, исходную заготовку нагревали до температуры $1180-1230^{\circ}\text{C}$ с последующей аустенитизацией в топочной зоне при температуре $1000-1150^{\circ}\text{C}$, выполняли прокатку вначале в обжимных, в черновых 1-3 калибрах с завершением черновой прокатки в калибре 3 переобжатием прикромочных участков 4 и 5 сечения полосового раската, превышающим на 11–30% коэффициент обжатия центрального участка 6, затем прокатку в подготовительных предчистовых и чистовых калибрах 7–11 или 12–18. Перед подготовительной прокаткой подстуживают ранее переобжатые прикромочные участки 4 и 5 раската до температуры порога рекристаллизации 950°C , устраняют его разнотолщинность в калибрах 7 или 13, формируя при необходимости пережим 19 для слитинг-процесса. Последующую прокатку ведут в калибрах 8–11 или 14–18. Ребровые обжатия в калибрах 8, 10, 12 и 14 выполняют с подстуживанием локальных зон 20–23 боковых поверхностей раската. Зоны подстуживания смещают с эксцентриситетом $e = 10...15\%$ от высоты калибра, причем вначале зоны подстуживания 20 и 22 смещают от середины сечения раската в сторону прикромочного участка 4 (в калибрах 8 или 12), затем локальные зоны 21 и 23 смещают в сторону другого прикромочного участка 5 (в калибрах 10 или 14). При необходимости выполняют продольное разделение в калибрах 13–18.

Причем, температуру зон 20–23 локального подстуживания снижают до температуры, близкой к области аномальной (пониженной) пластичности $A_{r3} \pm 25^{\circ}\text{C}$. Прокатку выполняют при $T = T_0 + (50-100^{\circ}\text{C})$, где $T_0 = 875^{\circ}\text{C} - 122 U_3$ – температура аномальной пластичности;

$$U_3 = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Ni}}{40} - \text{углеродный эквивалент, определяемый массовым содержанием углерода, марганца, кремния, хрома и никеля в прокатываемой стали. Затем выполняют чистовую прокатку и окончательное охлаждение проката.}$$

Приведенный выше углеродный эквивалент, в том виде как он представлен, является

Приведенный выше углеродный эквивалент, в том виде как он представлен, является

ся общепринятым обобщенным научно-техническим термином, широко используемым в научно-технической литературе и патентных источниках информации (см например, а.с. СССР № 1421430 по кл. В 21 В 1/22).

Так, например, при прокатке на стане 260 меззавода им.Коминтерна профиля арматурной стали № 14 класса А-П марки Ст5сп исходную заготовку размером 100 x 100x 1100 мм нагревали в методической печи до температуры 1200°C, выполняли аустенитизацию в томильной зоне печи при температуре 1150°C, прокатывали вначале в первой черновой клетки до промежуточной квадратной заготовки 48 мм, затем во второй черновой клетки (таблица 1). В ящичных калибрах 1 и 2 и в калибре 3 переобжимали прикромочные участки 4 и 5 сечений полосового раската, по сравнению с коэффициентом обжатия центрального участка 6, на

$$\left[\left(\frac{27}{17} - \frac{27}{19} \right) : \frac{27}{19} \right] 100\% = 11,2\%.$$

После подстуживания раската до температуру 980°C и по кромкам до температуры порога рекристаллизации 950°C, устраняли его разнотолщинность с обжатием до толщины 14,5 мм. При этом переобжатие центрального участка по сравнению с прикромочными составило:

$$\left[\left(\frac{19}{14,5} - \frac{17}{14,5} \right) : \frac{17}{14,5} \right] 100\% = 12\%.$$

Здесь 27 – толщина задаваемого сечения 21 в третий калибр, 17 и 19 толщина прикромочного и среднего участков сечения 5, 14, 5 – толщина сечения 7 после устранения разнотолщинности.

Последующие ребровые обжатия в калибрах 8 и 12 выполняли с подстуживанием локальных зон 20 и 22 боковых поверхностей раската до температуры 915°C, причем смещали зоны подстуживания от середины сечения в сторону участка 4 на величину $e =$

$\frac{4}{29} = 13,8\%$. Затем зоны 21 и 23 локально подстуживали до температуры 880°C со смещением зон в сторону другого участка 5 на величину $e = \frac{3}{21,5} = 13,9\%$. Величину смещения на 4 и 3 мм устанавливали пропорцио-

нально изменявшимся межвалковым зазором.

Для стали марки Ст5сп углеродный эквивалент составил

$$Y_s = 0,32 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,22}{24} \approx 0,44;$$

$$T_0 \approx 875 - 122 Y_s = 875 - 54 = 821^\circ\text{C}.$$

Температура зон локального подстуживания соответствует аустенитной области повышенной пластичности $T_0 + (50-100^\circ\text{C})$, и в калибрах 8 и 10 составила $T_8 = 821 + 94 \approx 915^\circ\text{C}$ и $T_{10} \approx 821 + 59 = 880^\circ\text{C}$. Температура 94 и 59°C объясняется последовательным охлаждением металла в ребровых калибрах на $\Delta T = 94 - 59 = 915 - 880 = 35^\circ\text{C}$.

После чистовой прокатки готовый профиль охлаждали в трехсекционном холодильнике до температуры 700-750°C, разрезали летучими ножницами на длины 50-60 м, охлаждали на холодильнике, разрезали на заданные длины 6-8 м и упаковывали.

Данные о влиянии технологических параметров на достижение результатов приведены в табл.2.

В результате осуществления указанного способа прокатки арматурной стали № 14, Ст5сп заготовки 100 x 100 мм, по сравнению с прототипом, улучшаются условия термомеханической обработки стали, повышаются механические характеристики стали: σ_b на 30-120 МПа, σ_t на 5-55 МПа, δ на 2-17%.

Это обозначает выпуск арматурной стали с повышенными механическими характеристиками.

Кроме того, прокатка по предложенному способу позволяет сэкономить в целом энергетические затраты, лучше стабилизировать процесс прокатки арматурной стали.

По предлагаемому способу можно прокатывать не только арматурную сталь, но и другие профили: сталь круглую, шестигранную, квадратную и др. осесимметричные профили.

Заявляемый способ производства проката представляет несомненный интерес для металлургической и металлопотребляющей промышленности, так как обеспечивает высокоэффективное производство проката с повышенными потребительскими характеристиками.

Таблица 1

Технологические режимы прокатки арматуры с профилем № 14

Группа классов	№ прохода	Тип калибра	Размеры профиля			Площадь сечения мм ²	Кэф. вытязки	Температура проката °С	Примечание
			высота мм	ширина мм — до прохода	после прохода				
I	0		100	100		9806		1200	
	1	ячеиный	80	100	110	6680	1,46	1150	
	2	ячеиный	58,3	110	129	3969	1,68	1110	
	3	ромб	87,1	38	46	2562	1,549	1080	
	4	ромб	58,3	46	56	1881	1,362	1080	сторона квадрата 46 мм
II	5	ячеиный	21,5	44	65	1179	1,49	1030	
	6	ячеиный	35,9	21,5	34,2	739	1,60	1010	сторона квадрата 27 мм
	7	плоский с	17(19)	27	35,5	630	1,12	980(950)	Подсуживание
Чистовая	8	пережимом плоский	14,5	35,5	42	560	1,20	950	
	9	ребровой со смещением	29	14,5	15	796	1,29	935	локальное подсуживание 915°C
	10	плоский	8	29	34	256	1,54	915	
	11	ребровой со смещением	21,5	8	10,5	200	1,24	900	локальное подсуживание 880°C
	12	периодический	15,5	10,5	15,5	154	1,29	880	

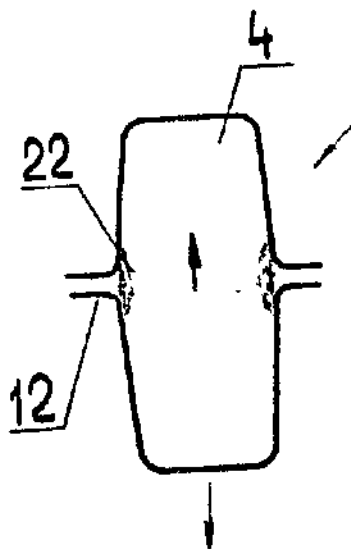
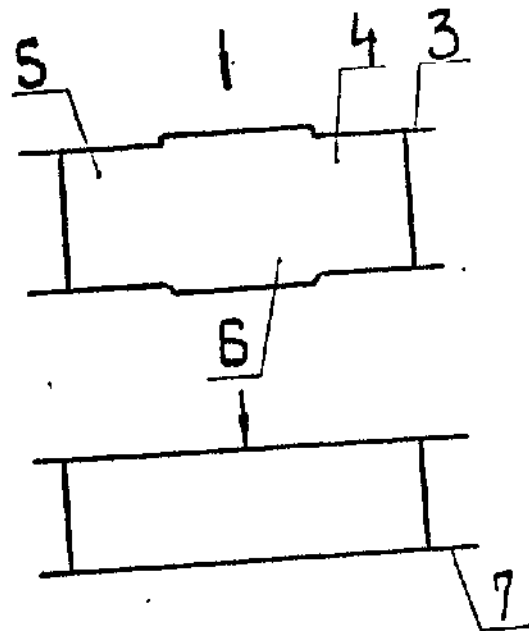
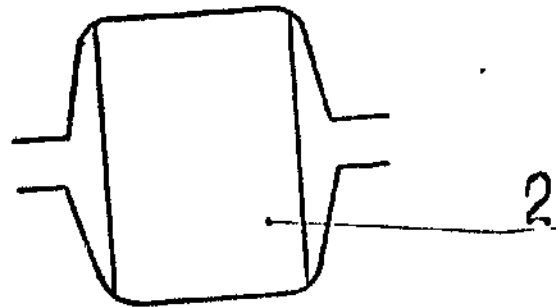
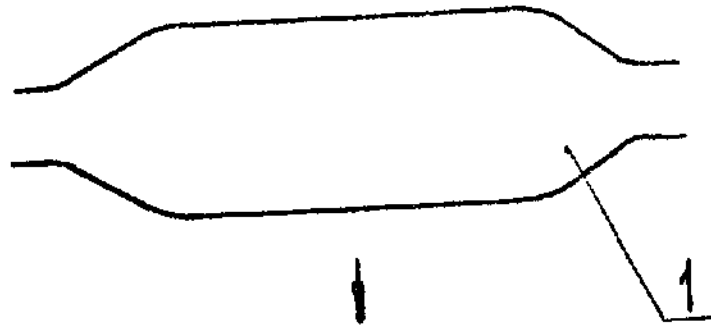
Таблица 2

Влияние технологических параметров на выполнение задачи изобретения арматура № 14 С15сп

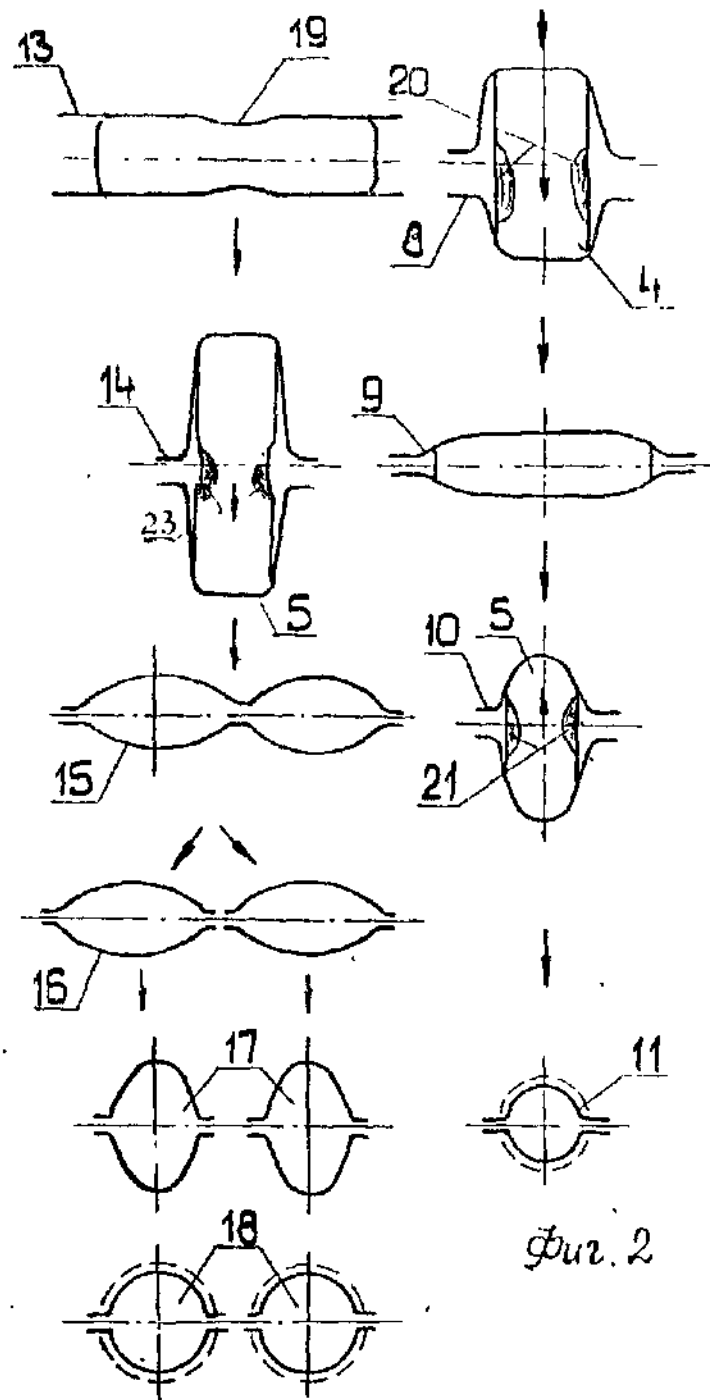
Изменение технологических параметров				Показатели решения задачи			Примечание
№ № пп	Температура черновой прокатки °С	Величина переобжатия %	Температура подсуживания °С	Механические характеристики			
				σ _к МПа	σ _т МПа	δ %	
1	1160	15	895	480	295	32	Снижаются прочностные характеристики
2	1150	15	895	520	305	28	
3	1080	15	895	580	320	25	
4	1000	15	895	610	330	21	Снижаются пластические свойства
5	990	15	895	625	340	19	
6	1080	10	895	480	300	18	Снижается пластичность металла
7	1080	11	895	505	305	22	
8	1080	15	895	510	320	28	
9	1080	30	895	525	335	32	
10	1060	31	895	540	350	35	Снижается производительность гильз из-за аварий по захвату

Продолжение табл. 2

Изменение технологических параметров				Показатели решения задачи			Примечание
№ № пп	Температура черновой про- катки °С	Величина пере- обжатия %	Температура подсуживания °С	Механические характеристики			
				σ _к МПа	σ _т МПа	δ %	
11	1080	15	820+45-865	630	380	20	Снижается пла- стичность
12	1080	15	820+50-870	600	350	26	
13	1080	15	820+76-895	580	320	31	
14	1080	15	820+100-920	520	300	38	
15	1080	15	820+105-925	485	290	38	
16	Базовый профиль арматуры № 14 АП С15сп ГОСТ 380 88			490	294	19	Снижаются прочностные ха- рактеристики



Фиг. 1



Упорядник Х.Сапригін

Техред М.Моргентал

Коректор О.Густи

Замовлення 554

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Виробничо-видавничий комбінат "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101

140