



ВЕСТНИК Машиностроения

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АО КОМПАНИЯ "РОССТАНКОИНСТРУМЕНТ"

РОССИЙСКОГО СОЮЗА ПРОМЫШЛЕННИКОВ
И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ

ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИЗДАЕТСЯ
С НОЯБРЯ 1921 ГОДА

6
1995



Москва
•Машиностроение•

СОДЕРЖАНИЕ

КОНСТРУИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ, ИСПЫТАНИЯ И НАДЕЖНОСТЬ МАШИН

- Старжинский В.Е., Кудинов А.Т., Осипенко С.А., Ли С.Ч. - Анализ методов расчета геометрических параметров формообразующих матриц для пластмассовых зубчатых колес ... 3
- Щегольков Н.Н. - Компьютерное конвертирование параметров профиля винтовой поверхности ... 8
- Питухин А.В., Ефимов Ю.Т. - Влияние шероховатости переходной поверхности зубчатых колес на сопротивление усталости ... 12
- Войтов В.А., Лурье З.Я., Жерняк А.И. - Масштабный фактор пары трения и его учет на этапе проектирования гидромашин ... 15
- Ахтырец Г.П., Короткин В.И., Романов Р.А., Харитонов Ю.Д. - Методика определения коэффициента, учитывающего неравномерность распределения изгибных напряжений зубьев колес цилиндрических передач Новикова ДЛЗ ... 18
- Лазарев С.О. - Расчет и оценка эффективности демпфера крутильных колебаний коленчатого вала ... 20
- Дзюбан О.Л., Шеляховский А.В. - Исследования и расчет регулятора выхода штока тормозных цилиндров с пружинными мембранами ... 23
- Корякин Л.М., Манукян Б.С., Пархомов Д.А. - Универсальная система нагружения машин и механизмов ... 25
- Красильников А.Я., Сухоросов Л.Н., Фуфаев В.В. - Выбор магнитной муфты для герметичного привода с асинхронным двигателем ... 30
- Пасынков Р.М. - Снижение неравномерности подачи аксиально-поршневых гидромашин ... 32

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

- Гурвич Р.А., Евдокименко В.В., Садюк В.Г., Прозаровский Л.Н., Серков И.Г. - Алмазно-электролитическая обработка твердосплавных матриц перфорирующих устройств ... 34
- Грубый С.В., Милов И.В. - Технологические особенности алмазного микрооточения крупногабаритных прецизионных поверхностей ... 37
- Агишев Л.А. - Новые технологии производства холоднокатаного коррозионно-стойкого листа ... 40
- Худобин Л.В., Муслина Г.Р., Булыжев Е.М., Белов М.А., Правиков Ю.М. - Методика экономической оценки эффективности технологических процессов на основе единой системы критериев ... 42
- Лавровский С.К. - Автоматизированный аппаратно-программный комплекс для изготовления изделий из сверхтвердой керамики ... 45
- Хорошилов Г.С. - Эффективность технологических нововведений и инжиниринговая сеть ... 47
- Наумчев Б.А. - Переработка шламовых отходов ... 50

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

- Камышев А.И. - Формирование многоуровневой системы управления качеством машиностроительной продукции ... 51
- Реклама ... 56
- Вниманию читателей ... 55

На первой странице обложки:

Первый отечественный легковой автомобиль - джип «Кентавр» (АО «Теза», г. Шуя Ивановской обл.)

Фото Г.Попова (ИТАР-ТАСС)

Главный редактор Д.И. ПОЛЯКОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: Александров М.П., Алексейчук Г.П., Арзамасов Б.Н., Битунов В.В., Братухин А.Г., Дроздов Ю.Н. (председатель секции конструирования и расчета машин), Ипатов М.И., Корзинкин М.В., Кузьмицкий А.А., Логунов А.В., Прокопович А.Е., Подураев В.Н. (председатель секции технологии машиностроения), Попов Д.Н., Проскураев А.В., Рыбакова Л.М., Савилов Ю.В., Савкин А.И. (заместитель главного редактора), Семенов Е.И. (председатель секции обработки материалов без снятия стружки), Соколов Б.Н., Строганов Г.Б., Третьяков Э.А. (председатель секции организации и экономики производства), Филиппов Е.К., Цыганкова И.А. (ответственный секретарь)

Журнал переводится на английский язык, переиздается и распространяется во всем мире фирмой «Аллертон Пресс» (США)

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Машиностроение»

Сдано в набор 6.04.95. Подписано в печать 30.05.95.
Формат 60x88 1/8. Бумага книжно-журнальная.
Печать офсетная. Усл.печ.л. 6,86. Усл.кр.-отт. 33.
Уч.-изд.л. 8,9. Тираж 1249 экз. Заказ 420

Адрес редакции: 129836, Москва, ГСП-110,
проспект Мира, д.106
Телефоны: 287-87-93, 287-23-20

Компьютерный набор фирмы «Аслан»
Телефон: 197-44-62

Отпечатано в Подольской типографии Чеховского полиграфического комбината.
142110, г.Подольск, ул.Кирова, 25

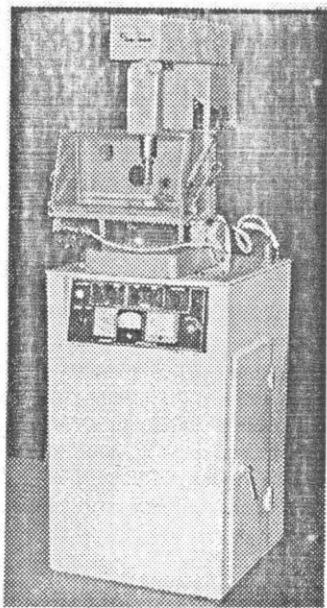


Рис. 5

качения. По этим направляющим перемещается основание с закрепляемой на нем обрабатываемой заготовкой. На левой стороне стола к корпусу прикреплен редуктор с электродвигателем перемещения заготовки. С правой стороны стола на плите закреплен кронштейн с барабаном сменных упоров, обеспечивающих необходимый шаг перемещения стола. На передней стороне основания установлен регулируемый упор. Перемещение стола и поворот барабана контролируются бесконтактными торцовыми переключателями, закрепленными на кронштейнах. На основании стола

установлено ограждение с откидной крышкой и патрубком для отсоса паров (брызг) электролита из зоны обработки. Установка подачи электролита представляет собой бак коробчатой формы с установленными на нем насосом и регулирующим расход электролита краном. Станина представляет собой сварной каркас, обшитый листом. В задней части станины расположена электропанель, а на передней стенке установлен пульт управления.

После закрепления обрабатываемой заготовки матрицы на базовых штифтах стола и настройки инерционной головки на заданный ход смещения ее подвижной части проводится полуавтоматическая обработка отверстий при следующих значениях задающих параметров процесса АЭОПК: $U = 3+4$ В, $n_{ц} = 2000$ об/мин, $Q \geq 0,1$ л/мин, $S_{осц} = 1,2$ мм, $n_{осц} = 30$ дв. ход./мин. Радиальный прижим ПК к обрабатываемой поверхности отверстия задается центробежной силой, изменяющейся пропорционально частоте вращения шпинделя с инерционной головкой, в подвижной части которой закреплен ПК. Возможен прижим с усилием 5, 10, 15, 20 Н. Рекомендуемым является усилие 5 Н. При этих условиях продолжительность черного съема основного припуска составляет, ориентировочно, 60 с, доводка без тока – также 60 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гурвич Р.А. Алмазно-электролитическое сверление отверстий в твердых сплавах. Киев: Наук. думка. 1977. 267 с.
2. Гурвич Р.А. Пути развития алмазно-электролитической обработки металлов и сплавов. Киев: О-во «Знание» УССР. 1979. 20 с.
3. Гурвич Р.А. Алмазно-электролитическая обработка твердосплавного волоочильного и холодновысодочного инструмента. Киев: Техніка. 1992. 18 с.

УДК 621.941.1

С.В.ГРУБЫЙ, канд. техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), И.В.МИЛОВ, д-р техн. наук (НПО «Композит»)

Технологические особенности алмазного микроточения крупногабаритных прецизионных поверхностей

Прецизионная токарная обработка элементов измерительных систем, лазеров, основы дисков магнитной памяти, обеспечивающая точность формы в десятки доли микрометра и шероховатость с максимальной высотой неровностей профиля менее 50 нм, в последние годы находит все более широкое распространение.

Возможности такой обработки в полной мере реализуются на специальных особо точных станках (стандах) мод. МК6501, МК6516, МК6521Ф3, МО1805, САТ1805, САТ1815 и др., разработанных

МСПО «Красный пролетарий» и ИСМ НАН Украины, при использовании резцов, оснащенных природными монокристаллическими алмазами [1].

Особый интерес представляет обработка крупногабаритных поверхностей диаметром до 1000 мм и более вследствие высокой производительности и отсутствия дефектов, вносимых алмазным монокристаллическим резцом в обработанную поверхность. Отечественными предприятиями и научно-исследовательскими институтами проведены работы по разработке и изготовлению прецизионных станков для алмазного микроточения крупногабаритных поверхностей, например создан станок мод. МА-78 для обработки сферических оптических поверхностей [2].

В НПО «Композит» изготовлен и задействован автоматизированный прецизионный станок мод. САТ1815, разработанный ИСМ НАН Украины для алмазного микроточения плоских, сферических и асферических поверхностей диаметром до 1500 мм [3].

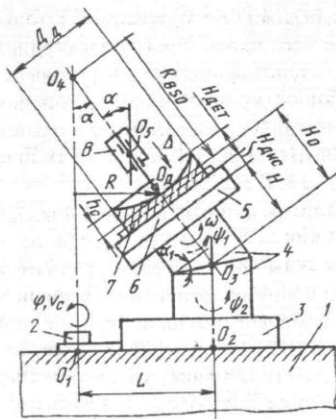


Рис. 1. Кинематическая схема станда мод. САТ1815:

1 - гранитная станина; 2 - неполноповоротный гидродвигатель; 3 - стол шпиндельной группы; 4 - кососрезанные диски шпиндельной группы; 5 - планшайба; 6 - крупногабаритный переходный диск; 7 - изделие с оснасткой; 8 - резцовая головка с пьезоприводом

Кинематическая схема станда мод. САТ1815 показана на рис. 1.

Монолитная станина природного гранита установлена на специальных виброизолирующих опорах на бетонный изолированный фундамент. На гранитной станине смонтированы шпиндельная и суппортная группы, взаимной настройкой которых обеспечивается обработка заданной поверхности. Во всех подвижных узлах станда используются аэростатические подшипники. В качестве привода главного движения применен специальный линейный электродвигатель.

Настройка станда на заданный радиус R_{BSO} сферической поверхности осуществляется разворотом двух кососрезанных дисков шпиндельной группы на расчетные величины углов ψ_1 и ψ_2 . В процессе обработки изделия планшайба и переходный крупногабаритный диск с закрепленным изделием (при необходимости на специальной оснастке) вращаются с частотой ω вокруг оси $O_3 - O_4$. Стол со шпиндельной группой перемещается по базовой плоскости гранитной станины по дуге радиуса L вокруг оси $O_1 - O_4$ со скоростью v_c рабочей подачи. Ось резцовой головки разворачивается на расчетный угол α таким образом, чтобы вершина резца совпала с центром вращения изделия. Юстировка станда заключается в том, что оси $O_3 - O_4$ и $O_1 - O_4$ должны находиться в одной плоскости (достигается разворотом кососрезанных дисков) и траектория резца должна проходить через центр O_d вращения изделия (достигается дополнительными настроечными перемещениями резцовой головки).

Обработка плоской поверхности является частным случаем обработки сферической поверхности, когда угол $\alpha = 0$, т. е. оси $O_3 - O_4$ и $O_1 - O_4$ параллельны.

Обработка асферической поверхности выполняется при настройке станда на сферу с наложением дополнительного движения Δ формообразования, осу-

ществляемого от пьезопривода резцовой головки. Перемещения пьезопривода выполняются с дискретностью 0,04 мкм (контроль по лазерному интерферометру перемещений) и связаны с угловой координатой φ стола шпиндельной группы.

Угол наклона шпиндельной группы при настройке станда на расчетный радиус R_{BSO} сферы рассчитывается по формуле

$$\alpha = \arcsin \frac{L}{R_{BSO} \pm (H_{дет} \pm h_c + H_{диск} + H)} = \frac{L}{R_{BSO} \pm H_0},$$

где L и H - кинематические параметры станда; h_c - стрелка прогиба; $H_{дет}$ - толщина детали по краю; $H_{диск}$ - толщина переходного крупногабаритного диска.

С учетом возможности станда мод. САТ1815 накоплен положительный опыт по прецизионной обработке крупногабаритных поверхностей металлооптики. Так, в соответствии с отработанным технологическим процессом алмазного микроточения обработаны алюминиевые и медные (гальваническое медное покрытие на конструкционном материале) плоские и сферические крупногабаритные поверхности отражателей. Характеристики крупногабаритных поверхностей после обработки алмазным микроточением на станде мод. САТ1815 приведены в таблице, где зональная погрешность формы определена в интерференционных полосах с контролем по пробному стеклу.

Результаты контроля свидетельствуют о высокой точности обработки и возможности использования крупногабаритных металлооптических отражателей после алмазного микроточения без последующей операции полирования для инфракрасной области спектра.

При обработке асферической поверхности расчетный радиус базовой сферы R_{BSO} , входящий в формулу (1), определяется исходя из геометрических размеров обрабатываемой поверхности и уравнения образующей асферики. На расчетной схеме для определения радиуса базовой сферы (рис. 2) введены обозначения: $Y = f(X)$ - уравнение образующей асферики, симметричной относительно оси $O - O_1$; точки A и B - граничные точки поверхности с координатами соответственно (R_N, Y_{01}) и (R_W, Y_{02}) . Образующая асферики пересекает начало системы координат в точке O . В соот-

Характеристика поверхности		Погрешность формы, интерференционные полосы
материал	форма	
АМг6, $\varnothing 800$ мм	Плоскость	1,1
АМг6, $\varnothing 800$ мм	Сфера $R = -6700$ мм	1,0
АМг6, $\varnothing 500$ мм	Плоскость	1,5
Медь, $\varnothing 1000$ мм	Сфера $R = -6700$ мм	1,0
Медь, эллипс 380×270 мм	Плоскость	1,0

Примечание. Контроль по пробному стеклу

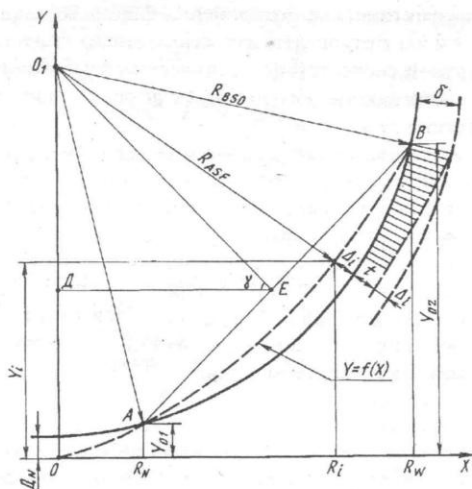


Рис.2. Расчетная схема для определения радиуса базовой сферы, величины асферизации и глубины резания

в соответствии с алгоритмом асферизации базовая сфера проходит через граничные точки, а центр сферы лежит в точке O_1 . Тогда величина радиуса базовой сферы определяется выражением

$$R_{BSO} = \frac{\sqrt{(Y_{O2} - Y_{O1})^2 + (R_W - R_N)^2}}{2} *$$

$$* \frac{\sqrt{(Y_{O2} - Y_{O1})^2 + (R_W + R_N)^2}}{Y_{O2} - Y_{O1}}$$

а величина асферизации в каждой расчетной точке образующей обрабатываемой поверхности равна разности между величиной радиуса базовой сферы и радиуса асферизации: $\Delta_i = R_{BSO} - R_{ASF}$, где

$R_{ASF} = \sqrt{(OO_1 - Y_i)^2 + R_i^2}$ — радиус асферизации в соответствии со схемой рис. 2. Координаты каждой точки определяются по уравнению образующей асферики.

В процессе формообразования асферической поверхности вершина резца кинематически перемещается по поверхности базовой сферы, а пьезопривод резцовой головки в каждой расчетной точке накладывает дополнительное движение асферизации по радиусу R_{ASF} . Тогда распределение глубин резания по расчетным точкам будет в соответствии с выражением $t = \delta - \Delta_i$, где δ — начальный припуск.

Рассмотренная последовательность настройки ки станда реализована в виде расчетного алгоритма и позволяет определить настроечные параметры в соответствии с заданным уравнением образующей асферики и геометрическими размерами обрабатываемой поверхности.

Например, на станде мод. САТ1815 реализована обработка одновременно трех крупногабаритных внеосевых параболических алюминиевых зеркал с уравнением образующей асферики $Y = 1 / (2 \cdot 5080) X^2$ и исходными данными по каждой поверхности: фактиче-

ский диаметр $D_H = 403,5$ мм; граничные точки — $R_W = 455$ мм, $R_N = 51,5$ мм. Учитывая фактические кинематические параметры станда и размеры оснастки, обеспечивающей крепление трех обрабатываемых зеркал на планшайбе, настроечные параметры станда составили: $R_{BSO} = 5090,318$ мм; $h_c = 20,36$ мм; $H_0 = 644,12$ мм; $\alpha = 7,281^\circ$.

По результатам анализа на рис.3 показано распределение величин асферизации и глубины резания по расчетным точкам при движении резца от периферии к центру вращения относительно базовой сферы для первых трех проходов при начальном припуске 4 мкм. Отрицательные значения глубин резания соответствуют периоду выхода резца из контакта с заготовкой, а максимальная величина асферизации составила 9,92 мкм, что соответствует 496 точкам управления. Начиная с третьего прохода процесс резания не прекращается в связи с выходом резца из контакта с заготовкой и четвертый проход будет выполнен с одинаковой глубиной резания, равной начальному припуску.

Учитывая приведенное распределение глубин резания, первый предварительный проход после обработки базовой сферической поверхности был выполнен с глубиной резания 12 мкм, а окончательное алмазное микроточение после замены резца проведено с равномерной глубиной резания 4 мкм.

Скорость v_c рабочей подачи на окончательном проходе была назначена в пределах $0,002 \pm 0,003$ град/с, что при частоте вращения шпинделя 106 ± 107 об/мин обеспечивает подачу 15 ± 20 мкм/об. С увеличением частоты вращения шпинделя до 150 об/мин уменьшаются подача до 10 ± 15 мкм/об и шероховатость обработанной поверхности, однако увеличиваются динамические нагрузки в условиях прерывистого точения внеосевых поверхностей.

Параболические зеркала изготовлены с учетом результатов проведенного анализа в соответствии с типовым технологическим процессом, где в качестве финишного метода обработки использовано алмазное микроточение при последовательности основных операций: механическая обработка корпусов из спла-

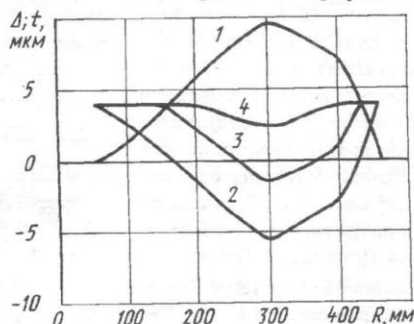


Рис.3. Влияние текущего радиуса R заготовки на величину Δ асферизации и глубину t резания:

1 — величина асферизации; 2, 3, 4 — глубина резания на первом, втором и третьем проходах, соответственно

ва АМГб; расточка отражающей поверхности по сфере одновременно трех изделий; стабилизирующий отжиг; алмазное микроточение по сфере одновременно трех изделий с промежуточным технологическим контролем; алмазное микроточение по программе асферизации; нанесение отражающих и защитных покрытий; выходной контроль точности формы (фокальное пятно, фокусное расстояние, интерферометрия); выходной контроль коэффициента зеркального отражения.

Размеры фокального пятна рассеяния и фокусного расстояния составили соответственно 570+600 мкм и 2535+2537 мм. Отмечено практически полное соответствие расчетному фокусному расстоянию 2540 мм.

Интерферометрический аттестационный контроль изделий выполнен на автоматизированном стенде Zugo мод. MARK-3. Схема контроля рассчитывалась и собиралась в соответствии с методом анаберрационных точек контроля асферических поверхностей второго порядка. На основании полученных данных проведена оценка отклонений формы отражающей поверхности, составивших 25 интерференционных полос на полном световом диаметре зеркала, при цене ширины полосы $\lambda/4$, где $\lambda = 0,63$ мкм. При наблюдении интерференционной картины в малом канале (диаметр пучка 100 мм, диаметр поля на интерферограмме 70 мм) на основании оцифрованных интерфе-

рограмм фактически отклонения формы составили $\lambda/10 \pm \lambda/7$. Результаты аттестационного контроля подтвердили соответствие техническим требованиям по точности формы обработанных асферических поверхностей.

Проведенные исследования подтвердили эффективность метода алмазного микроточения для создания крупногабаритных поверхностей металлооптики. Продолжение работ по развитию технологии обработки крупногабаритных прецизионных поверхностей должно быть направлено на совершенствование конструкции специальных прецизионных станков с целью повышения точности и качества обработки методом алмазного микроточения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грубый С.В., Муратова Н.И. Повышение эффективности прецизионной обработки резцами, оснащенными природными алмазами // Изв. вузов. Машиностроение. 1990. № 9. С. 107-112.
2. Ашкеров Ю.В., Владзиевский Ю.А., Минаев А.И. Станок для предварительного алмазного точения сферических оптических поверхностей. // Оптико-механическая промышленность. 1987. № 8. С. 31-33.
3. Милов И.В., Грубый С.В. Повышение эффективности обработки крупногабаритных поверхностей металлооптики. / Тез. докл. конф. Современная технология упрочнения, восстановления и механической обработки деталей с покрытиями. Киев: Киевский ДНТП. 1993. С. 71-73.

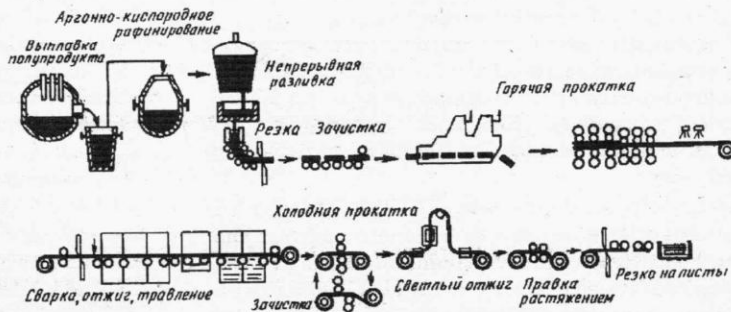
УДК 669-418.002.2

Л.А. АГИШЕВ, канд. техн. наук (ЧМК)

Новые технологии производства холоднокатаного коррозионно-стойкого листа

Несмотря на сокращение объемов производства и потребления на Челябинском металлургическом комбинате (ЧМК) продолжается развитие процессов и совершенствование агрегатов по производству коррозионно-стойкой стали. В настоящее время коррозионно-стойкая сталь выплавляется в открытых и плазменных электропечах с использованием в дальнейшем электрошлакового или вакуумно-индукционного переплава. Однако все более определяющим по массовости производства становится процесс выплавки в открытой 100-тонной электропечи с последующим газокислородным рафинированием в специальном конвертере и непрерывной разливкой стали на слябы массой до 8 т. Затем готовые слябы разме-

рами 170×1080×4000 мм после абразивной зачистки, минуя блюминг, направляются на стан 2300/1700, где прокатываются на рулонный подкат сечением (3-6)·1080 мм, который передается в цех холодной прокатки для производства холоднокатаного листа и ленты сечением 0,3 - 3,0 мм и горячекатаного листа толщиной



до 6 мм. По такой технологии в настоящее время производится до 70 % холоднокатаного листа из хромоникелевой стали типа 08X18H10(T) (рисунок).

Для обеспечения деформируемости холоднокатаной коррозионно-стойкой стали типа 12X18H10(T) ее механические свойства в зависимости от химического состава и технологических параметров по результатам заводского исследования определяются по следующим формулам: