

Тема: Сварные колеса. Рамы и станины. Сварные барабаны

Задание для студентов

- 1 Ознакомиться с теоретическим материалом
- 2 Ознакомиться с видеоматериалом по ссылкам:

Сварка литых дисков Аргоном. Сварка трещин литого диска	https://www.youtube.com/watch?v=W9NP-0_GP2g&feature=emb_logo
Сварка рамы станка ЧПУ	https://www.youtube.com/watch?v=Jne1gdj0ZJl&feature=emb_logo
Сварные литые колёса	https://www.youtube.com/watch?v=AfxQ2WN3On4&feature=emb_logo
Сварка барабана автобетоносмесителя	https://www.youtube.com/watch?v=ypITb6xPxHk&feature=emb_logo
Сварка барабана трактором	https://www.youtube.com/watch?v=CFe5IbUAx2g&feature=emb_logo
Лазерная сварка барабана	https://www.youtube.com/watch?v=r9GhgEEfU1o&feature=emb_logo

- 3 Составить конспект лекции (объем 2-3 страницы).
- 4 Заполнить таблицу значений напряжений, возникающих в элементах сварного барабана

Вид деформации	Формула
Сжатие	
Изгиб	
Кручение	

- 5 Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
- 6 Предоставить **конспект лекции и ответы** на контрольные вопросы в электронном виде на проверку в течение трех дней со дня выдачи задания.

С уважением, *Гнатюк Ирина Николаевна*.

При необходимости вопросы можно задать по телефону: 072-136-54-46

Работы отправлять на электронную почту ira.gnatyuk.60@inbox.ru

ЛЕКЦИЯ

Тема: Сварные колеса. Рамы и станины. Сварные барабаны

Цель: 1) Ознакомить студентов с видами и особенностями сварных изделий специального назначения

2) Подготовиться к выполнению практической работы №25

План

1. Рабочее колесо турбины
2. Редукторное колесо
3. Сварные рамы и станины
4. Назначение и область применения сварных барабанов
5. Конструкция барабанов
6. Порядок расчета сварных барабанов на прочность

Рабочее колесо турбины

Номинальный диаметр рабочего колеса 7,5 м, максимальный диаметр 8,65 м, его высота 4 м, а общий вес 250 т. Оно состоит из верхнего обода весом 68 т, четырнадцати лопастей весом по 8 т каждая и нижнего обода весом 70 т.

Верхний обод является сварным и выполнен из двух полудисков, имеющих диаметр 7 м и наибольшую толщину 500 мм, отлитых из стали марки 20ГСЛ. Диски соединены между собой электрошлаковой сваркой. Нижний обод также является сварным и представляет собой конический бандаж с максимальным диаметром 8,92 м и толщиной стенки 200 мм, соединенный при помощи электрошлаковой сварки в одно целое из четырех штампованных заготовок, выполненных из стали марки 22К.

Лопастей рабочего колеса представляют собой отливки, выполненные из стали марки 20ГСЛ, имеющие на части выпуклой поверхности наплавленный слой из аустенитной безникелевой стали марки 30Х10Г10. Этот слой наносится с целью повышения кавитационной стойкости лопаток и наплавляется ленточным электродом.

Стыки лопастей с верхним ободом осуществлены электрошлаковой сваркой. При этом для обеспечения гладкой поверхности сварных швов и плавного перехода от шва к основному металлу применялись специальные медные прокладки, охлаждаемые в процессе сварки проточной водой.

Присоединение лопастей к нижнему ободу осуществлено полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа.

Сварное рабочее колесо проходит полный цикл термической обработки: нормализацию и отпуск. После окончательной механической обработки все сварные швы в месте соединения лопастей с верхним ободом подвергаются ультразвуковому контролю.

Опыт изготовления рабочих колес различных гидротурбин показал, что в результате применения сварных составных конструкций качество отдельных деталей и точность их изготовления значительно повышаются, что обеспечивает более высокое качество и более высокую точность изготовления колеса в целом.

При этом в результате применения современных способов сварки прочность сварных соединений встык и впритык гарантируется весьма

высокой и не уступает прочности основного металла.

Кроме того, при всех отмеченных высоких технических качествах подобные сварные конструкции оказываются еще и более экономичными.

Редукторное колесо

Выполнение сложных по форме больших редукторных колес в виде целых поковок не представляется возможным. В связи с этим на Кировском заводе изготавливаются сварные редукторные колеса, представленные на рисунке 1. Сварное колесо состоит из вала 1, изготовленного в виде поковки из низколегированной конструкционной стали марки 40Х, двух дисков 2, изготовленных из листового проката малоуглеродистой стали марки сталь 20, и обода 3, изготовленного прессовкой из такой же стали, как и вал. Вал и обод имеют реборды, принятые для обеспечения плавных переходов в местах сопряжения их с дисками.

Диски привариваются поочередно, поэтому форма их стыковых швов различна. У диска, привариваемого первым, стыковые швы двусторонние. У диска, привариваемого последним, они односторонние (так как для него доступ к шву с обратной стороны затруднен),

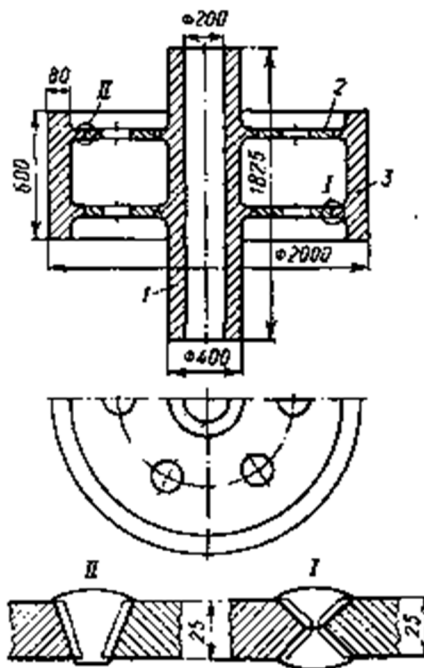


Рисунок 1 - Сварное колесо редуктора

Особенностью технологического процесса изготовления этой конструкции является то, что при сварке такой закаливающейся стали, как сталь марки 40Х, для предотвращения трещин в сварных соединениях необходим предварительный и сопутствующий подогрев. Кроме того, для снижения твердости металла в зоне шва, а также с целью снятия сварочных напряжений и предупреждения возможности изменения размеров редукторного колеса при его окончательной механической обработке, а

также и в процессе эксплуатации применяется термообработка всего колеса после сварки.

Сварка кольцевых швов, соединяющих обод с дисками, производится с нагревом обода до температуры $t = 250^{\circ}\text{C}$ и местного нагрева дисков до температуры $t = 100^{\circ}\text{C}$.

Учитывая, что периметр кольцевых швов, соединяющих диски с валом, является сравнительно небольшим, с целью упрощения технологии их сварки и исключения нагрева вала в процессе общей сборки деталей колеса, на кромки реборд вала предварительно производилась наплавка слоя малоуглеродистой стали. Слой наплавки толщиной 6 мм предотвращает возможность появления закалочной зоны на кромках реборд вала при сварке швов, соединяющих вал с дисками, которая поэтому может производиться уже без подогрева.

Сама же операция предварительной наплавки реборд вала производится с соответствующим его подогревом, но она особых затруднений не вызывает.

Принятая технология сварки обеспечивает высокое качество всех сварных швов редукторного колеса.

Сварные швы редукторного колеса, соединяющие вал с дисками, воспринимают крутящий момент. Величина его обычно является заданной. Его также можно определить по величине напряжений в стенке диска.

Единичное касательное усилие, действующее по периметру сварного шва, расположенного на расстоянии R от оси вала,

$$T_1 = \tau * s;$$

где T_1 — касательное усилие, приходящееся на единицу длины кольцевого сечения диска;

τ — касательное напряжение в кольцевом сечении диска, расположенном по периметру круга заданного радиуса;

s — толщина диска.

Крутящий момент, создаваемый этим единичным усилием

$$M_1 = T_1 R = \tau * s * R$$

где R — радиус окружности, на которой расположен сварной шов.

Полный крутящий момент, действующий на все кольцевые сечения

$$M_{кр} = 2\pi R^2 s \tau.$$

Для сварного стыкового шва касательные напряжения будут иметь ту же величину, как и напряжения в диске.

В случае применения соединения впритык (при отсутствии специальных буртиков), но с обеспечением полного провара по всей толщине диска, расчетные напряжения в шве тоже будут равны напряжениям в диске. Однако при наличии угловых кольцевых швов напряжения в сварных швах могут быть иными. В этом случае они будут равны

$$\tau' = \frac{T_1}{1,4k} = \tau \frac{s}{1,4k},$$

где k — катет углового шва.

Напряжения в сварных швах, соединяющих диск с ободом, имеют меньшую величину, так как они расположены на значительно большем расстоянии от оси вала.

Сварные рамы и станины

Сварные рамы самых разнообразных форм широко применяются во всех отраслях промышленности и являются теми несущими элементами конструкции, которые должны воспринимать на себя всю приходящуюся на эти конструкции нагрузку.

В машиностроении такими основными несущими частями, на которых размещаются различные узлы машин, являются станины (или корпуса).

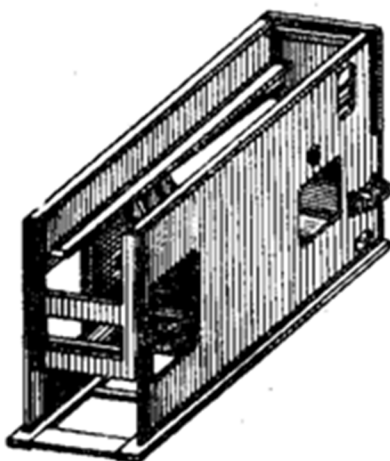


Рисунок 2 – Сварная станина горизонтального протяжного станка, изготовленная на поточной линии

К станинам машин предъявляются требования по сохранению высокой точности установочных поверхностей в течение всего периода их эксплуатации при действии на них различных рабочих нагрузок (в том числе и вибрационных), что обеспечивается приданием станинам достаточной жесткости.

Для больших редукторов корпуса часто изготавливаются сварными, заменяя собой отливки. Получаемая при этом экономия в весе достигается уменьшением толщины стенок и может составлять 40—50%.

Во многих случаях применение крупных сварных станин имеет место в мелкосерийном производстве, в условиях, когда изготовление литых конструкций является экономически нерентабельным. Однако за последнее время и при серийном производстве станин сварные конструкции оказываются более экономичными.

В качестве примера можно привести конструкцию сварных станин горизонтальных протяжных станков, изготовление которых осуществляется на механизированных поточных линиях Минского станкостроительного завода им. С. М. Кирова (рисунок 2).

Сварная станина имеет коробчатое сечение и состоит из основания, внутренних ребер жесткости и перегородок, лобовой плиты, задней и

боковых стенок, планок и направляющих. Габаритные размеры станка 7А520 составляют 670x1200x4105 мм, общий вес 2,5 т.

Сварка швов осуществляется автоматическим способом под флюсом.

Переход от литых станин на станины сварной конструкции обеспечил заводу экономию металла на 30%. При этом достигнуто сокращение цикла подготовки производства в 2—3 раза и увеличение съема продукции с одного квадратного метра производственной площади в 2,5 раза.

Сварные барабаны

Барабаны используют в шаровых мельницах, центрифугах, но особенно часто их применяют в грузоподъемных машинах и шахтных подъемниках. Размеры барабанов различны. Диаметры их колеблются в широких пределах: от нескольких десятков миллиметров до нескольких метров. Длина барабана зависит от его назначения. Толщина стенок барабана может достигать 75 мм. В большинстве случаев барабан представляет собой сварную конструкцию, изготовленную из листов. Однако в некоторых изделиях основой барабана служит каркас, выполненный из профильного материала.

Каркас представляет собой пространственную жесткую систему, к которой приваривают барабанную обшивку. Такие конструкции встречаются сравнительно редко и главным образом в крупных шахтных подъемниках.

Цилиндрическую часть барабана соединяют с торцевыми стенками (днищами). Последние представляют собой плоские круглые листовые элементы, к которым приварены цапфы.

В некоторых конструкциях барабанов цапфы являются концами валов, не имеющих разрывов (рисунок 3, а); в других — концами валов с разрывом (рисунок 3, б). Для корпусов барабанов малых диаметров используют трубы или отливки, для средних и больших диаметров корпуса барабанов вальцуют из одного или нескольких листов.

Рассмотрим схему конструкции барабана шахтного подъемника. Для удобства навивки каната на поверхности барабана предусматривают канавки, соответствующие диаметру этого каната (рисунок 3, а). Канавки не должны ослаблять сечение барабана. Усилие от натяжения каната вызываете барабане сжатие. Если напряжения сжатия превзойдут значение, которое называется критическим, то оболочка потеряет устойчивую форму и выпучится (рис.2,б).

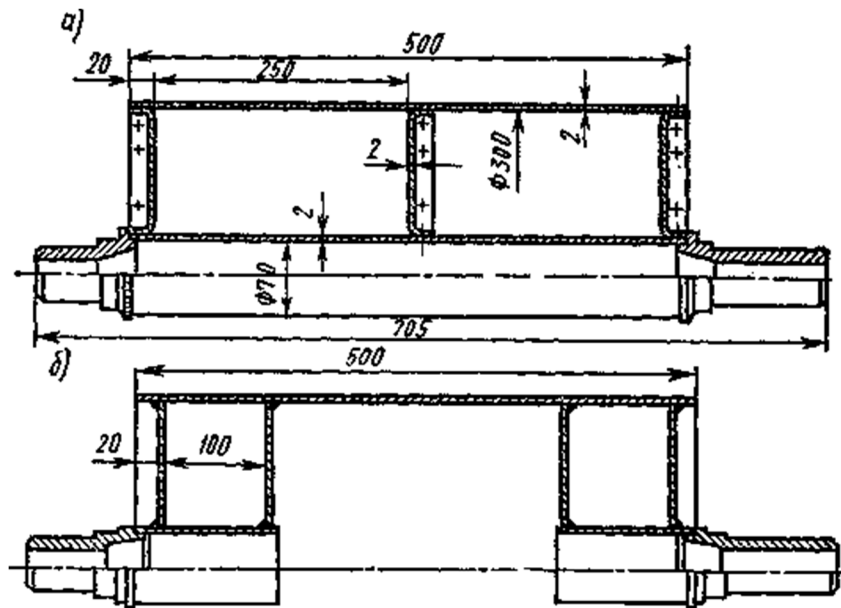


Рисунок 3 - Конструкция сварных барабанов

Во избежание потери устойчивости повышают жесткость оболочки. Для этого приваривают кольцевые элементы жесткости: полосы, швеллеры (рисунок 4, в), различные штампованные профили.

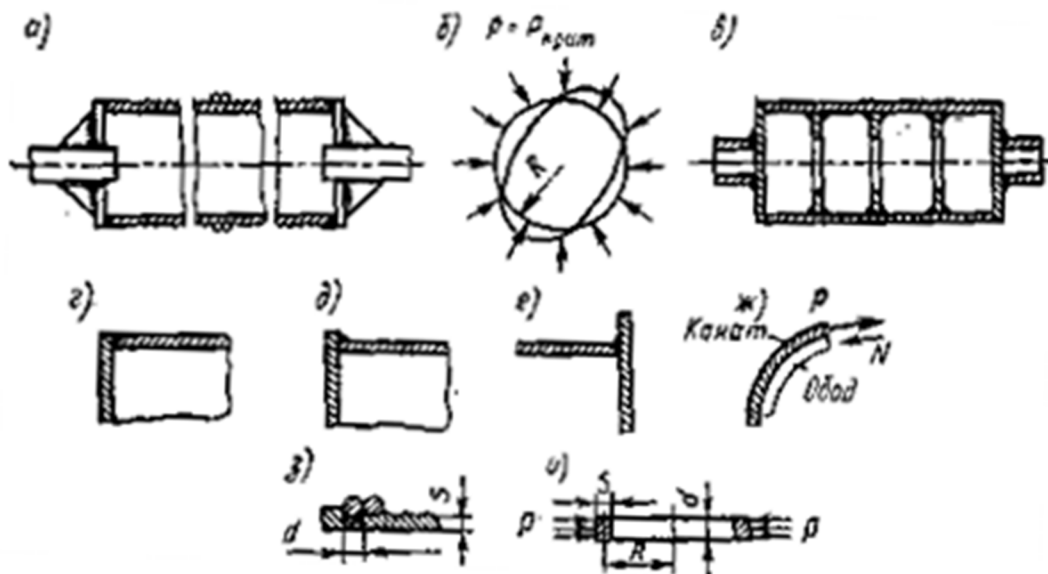


Рисунок 4 - К расчету сварных барабанов

Соединения барабана с торцевой стенкой весьма ответственны, так как передают значительные рабочие усилия. Рациональными являются соединения барабана со стенкой, приведенные на рисунке 4, г; допускается соединение угловыми швами, показанное на рисунке 4, д, е.

Расчет прочности барабана производят на сжатие, изгиб и кручение. Рассмотрим элемент обода под канатом (рисунок 4, ж). Усилие в ободке уравнивает силу z , приложенную к канату. Поэтому напряжение сжатия в ободке

$$\sigma = \frac{P}{ds}$$

где d - ширина обода, равная диаметру каната,
 s — толщина обода (рисунок 2, 3).

Рассмотрим, в какой степени сжимающие напряжения могут быть опасны для обода с точки зрения потери устойчивости. Допустим, что труба, не имеющая торцевых стенок, сжимается нагрузкой, равномерно распределенной по ее окружности (рисунок 4,а). Из теории упругости известно, что потеря устойчивости наступает при нагрузке

$$P_{кр} = \frac{3EJ}{R^3},$$

где J — момент инерции продольного сечения стенки трубы относительно оси;

E — модуль упругости;

R — радиус трубы.

Если принять элемент длины трубы равной d , а толщину стенки — s (рисунок 4, б), то

$$J = \frac{ds^3}{12},$$

Таким образом, нагрузка определится формулой

$$P_{кр} = \frac{Ed\left(\frac{s}{R}\right)^3}{4}$$

Установим зависимость нагруженном по поверхности распределенной нагрузкой p , образуется усилие

$$N = P = pR$$

Подставим вместо p его значение из формулы, тогда получим

$$P_{кр} = \frac{EdR\left(\frac{s}{R}\right)^3}{4}$$

Если принять коэффициент запаса на устойчивость равным 2, то допускаемая сила по устойчивости барабана

$$P_{кр} = \frac{EdR\left(\frac{s}{R}\right)^3}{8}$$

Напряжение в барабане, допускаемое с учетом устойчивости, составляет

$$[\sigma]_p \geq 0,5[\sigma]_{кр}$$

Торцевые стенки повышают устойчивость барабана по сравнению с ее допускаемым значением $P_{доп}$, полученным по формуле. Если $P_{расч} \geq 0,5P_{кр}$, то барабан следует усилить постановкой кольцевых элементов жесткости.

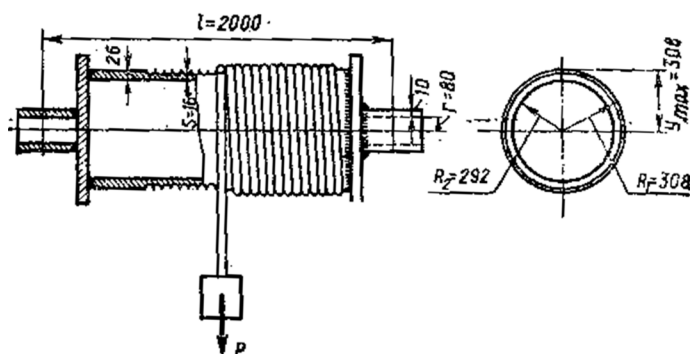


Рисунок 5 - К примеру расчета прочности сварного барабана

Кроме проверки на устойчивость оболочка должна быть проверена также на прочность в зависимости от изгибающего и крутящего моментов. Наибольший изгибающий момент имеет место в середине пролета (см. рисунок 5):

$$M = \frac{Pl}{4}$$

где l — расстояние между опорами барабана. Напряжение от изгиба

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

Момент сопротивления барабана находится так же, как и в кольцевом сечении:

$$W = \frac{J}{R_i}$$

где R_i — внешний радиус.

Значение крутящего момента зависит от конструкции привода. При расположении его с одного конца вала

$$M_{кр} = PR.$$

Напряжение от кручения

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}}$$

где $W_{кр}$ — полярный момент сопротивления.

В большинстве случаев напряжения от изгиба и кручения в барабанах незначительны по сравнению с напряжениями сжатия.

Контрольные вопросы:

1. В каких случаях целесообразно выполнять рабочие колеса сварными?
2. Какой вид сварки применяется? Какие виды швов?
3. Какая термическая обработка изделия необходима после проведения сварочных работ?
4. Из какой марки стали изготавливается рабочее колесо турбины? Какую эту сталь имеет свариваемость?
5. В чем особенность технологического процесса изготовления конструкции редукторного колеса?
6. Каковы особенности в конструкции барабанов больших диаметров под тяжелые нагрузки?
7. Каким образом можно увеличить жесткость сварного барабана?
8. Какие швы желательно использовать при изготовлении сварного барабана?
9. В каком сечении оболочки сварного барабана возникает максимальный изгибающий момент?
10. Как зависит нагрузка на стенку барабана от толщины стенки?