

Постоянные σ_i ($i=1,3$) определяются из условий опирания прижимного кольца.

При расчете ребристого прижимного кольца необходимо учитывать тот факт, что толщина ребер в 4...5 раз меньше толщины прижимного кольца, так как ребра технологически выгодно приваривать к изготовленному прижимному кольцу. Также необходимо учитывать снижение прочности в зоне сварного шва и наличие напряжений в нем, что приводит к увеличению толщины пластины. Следовательно, необходимо провести расчет на оптимальное соотношение размеров δ , H и n (см.рис. 4) и числа ребер.

Описанная выше методика была использована при проектировании экспериментальной и опытно-промышленной оснастки для изготовления деталей типа зеркал параболических антенн диаметром от 1,2 до 2,5 метра. В ходе проведенных расчетов были определены оптимальные размеры толщин плиты основания и прижимного кольца для различных диаметров заготовки и определено оптимальное соотношение размеров и числа ребер для ребристого прижимного кольца. Экспериментальная проверка опытной штамповки показала, что соблюдается условие нераскрытия стыка и отсутствует гофрообразование после пневмощамповочной операции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вайнберг Д.В., Вайнберг Е.Д. Расчет пластин. - Киев: "Буд. вельник", 1970. - 436с.

УДК 621.7.044

И.Ю. МАТЮШЕНКО, канд. техн. наук
В.К. БОРИСЕВИЧ, докт. техн. наук
В.П. САБЕЛЬКИН, докт. техн. наук
В.Е. ЗАЩЕВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ АЛЬФИРОВАННОГО СЛОЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ИЗГОТОВЛЕННЫХ ТЕРМОИМПУЛЬСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ BT5-1 И BT20

Исследовались α -сплавы типа BT5-1, а также псевдо- α -сплавы типа BT20. Все они имеют мелкозернистую структуру, хорошую свариваемость и высокую жаропрочность, что определило их применение для кожухов камер сгорания, жаровых труб и других высокотемпературных деталей авиадвигателя. Высокое содержание алюминия снижа-

ет технологическую пластичность, что исключает холодную листовую штамповку α -сплавов и требует обработки нагорячо.

Определение глубины альфированного слоя сравнительным замером микротвердости производилось путем сравнения между значениями, полученными при замере микротвердости сердцевины и поверхности детали. В частности, исследовалась деталь типа "секция внутренняя" камеры сгорания. Исходный материал заготовки — сплав ВТ5-1 в состоянии поставки (неотожженный). Режим термообработки детали — четырехкратный отжиг при температуре 1073 К по одному часу с последующим охлаждением на воздухе, обусловленный необходимостью изготовления конической заготовки с заданными геометрическими параметрами, а также двукратный нагрев заготовки в процессе штамповки до средней температуры 1100 К в течение 160 с и охлаждение вначале водой в процессе метания при подрыве заряда, а затем на воздухе. Исследования проводились на образцах размером 15 x 15 мм, вырезанных из полученной детали по схеме, приведенной на рис.1 (здесь цифрами указан номер образца). Первый замер твердости на перпендикулярном шлифе производился на расстоянии не менее 10 мкм от поверхности при нагрузке на индентор 0,5 Н. Последующие замеры производились на расстоянии двух диагоналей отпечатков между ними. Для избежания большого разброса в полученных результатах на перпендикулярном шлифе были сделаны три цепочки отпечатков твердости от поверхности вглубь. На рис.2 представлена схема измерения микротвердости на перпендикулярном шлифе.

За величину альфированного слоя принимался слой, микротвердость которого выше микротвердости сердцевины на величину, превращающую разброс твердости при замерах. Изучаемая поверхность образца зачищалась самой тонкой наждачной бумагой № 3 и № 4 для того, чтобы избежать повреждения поверхности. Схема вырезки образцов

Схема измерения микротвердости

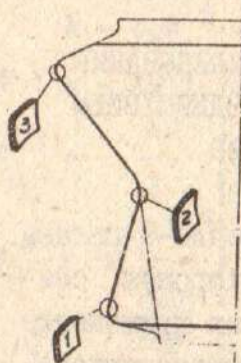


Рис.1.

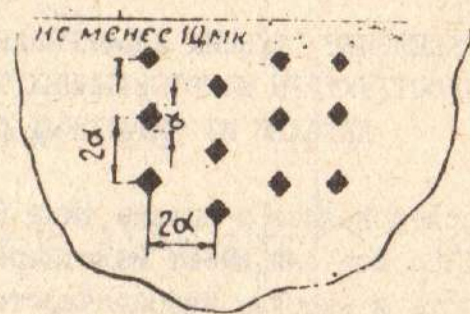


Рис.2.

чтобы отпечатки твердости были ясно видимы. На поверхности образца производилось 8 замеров и подсчитывалась средняя величина. Величину нагрузки в каждом случае необходимо выбирать с учетом глубины и твердости изучаемого слоя, а также твердости самого сплава. При малой глубине измеряемого слоя и значительной нагрузке на индентор на величину микротвердости (на поверхности) влияют свойства более глубоких слоев. При большой глубине измеряемого слоя нецелесообразно выбирать слишком малые нагрузки на индентор, так как с уменьшением нагрузки увеличивается разброс полученных результатов и ошибка измерения. В нашем случае измерения проводились на приборе ПМТ-3 при нагрузке 0,5Н, что обеспечивало наиболее стабильные результаты.

В таблице 1 представлены осредненные значения микротвердости для соответствующих образцов (см.рис.1) на поверхности и в сердцевине.

Таблица 1

Результаты исследования микротвердости

Номер образца	Микротвердость, МПа	
	Поверхность	Серцевина
1.	61,5	32,5
2.	57,6	31,3
3.	59,1	32,0

Как видно из полученных результатов, значительное повышение микротвердости (примерно в два раза) на поверхности свидетельствует о наличии альфированного слоя на всех трех образцах. Используя стандартную таблицу зависимости глубины проникновения алмазной пирамиды индентора прибора ПМТ-3 для разных нагрузок и твердости материала, приведенную в инструкции по пользованию прибором, получаем значение глубины альфированного слоя в пределах 3,5...3,9 мкм.

Загрязненный газами слой можно выявить не только замером микротвердости, но и металлографическим методом. На рис.3 представлена микроструктура отштампованной детали, а на рис.4 - исходного состояния материала (состояние поставки) ВТ5-1 при увеличении в пятьсот раз.

Поскольку кислород резко повышает температуру полиморфного превращения в титановых сплавах, то на образце, который подвергался неоднократной термообработке и термическому деформированию, α -слой выделяется в виде светлой оторочки, представляющей собой пер-

Микроструктура детали

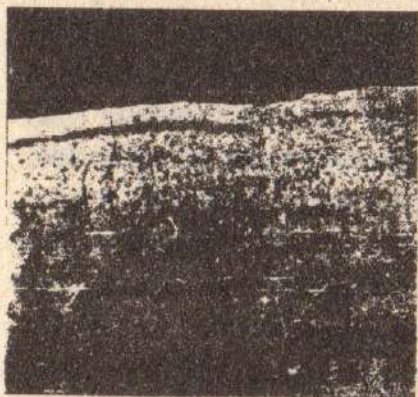


Рис.3.

Исходное состояние материала

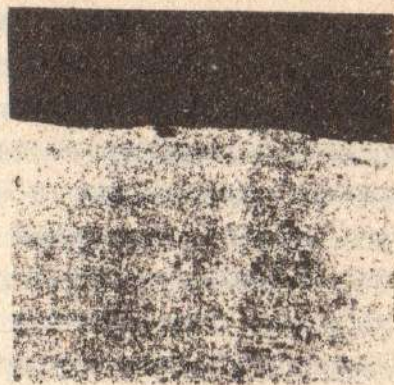


Рис.4.

вичную α - фазу (см.рис.3). Величина альфированного слоя по рис.3 колеблется в пределах 3,5...4,1 мкм, что подтверждает выводы, сделанные при исследовании глубины α - слоя методом микротвердости.

Металлографические исследования показали, что структура основного материала детали после проведенных в процессе штамповки термо- и механообработок соответствует по шкале микроструктур однофазных α - сплавов полиэдрической равноосной мелкозернистой структуре α - твердого раствора [1]. Этот тип структуры имеет низкую чувствительность к концентраторам напряжений, что повышает усталостную прочность деталей, и обладает оптимальным сочетанием физико-механических свойств.

Кроме того, на рис.3. хорошо видна окалина в виде "дымки" на поверхности детали. Окисление титановых сплавов, придающее им желтоватый цвет, наблюдается начиная с 573...673 К. При температуре выше 773...783 К окисная пленка становится синей, а около 1073...1173 К переходит в окалину, толщина которой с повышением температуры и увеличением времени выдержки интенсивно увеличивается. Окалина имеет светло-коричневый цвет с различными оттенками, зависящими от легирующих элементов и температуры нагрева. Она не связана прочно с поверхностью заготовки и отделяется легкими ударами. При взрывной штамповке вследствие удара заготовки о матрицу при калибровочных операциях практически вся окалина отскакивает от детали и на поверхности остается только окисная пленка серого цвета. При этом чистота поверхности детали после нагрева и удаления окалины практически не изменяется.

Глубина альфированного слоя и степень его насыщения также зависят как от температуры, так и от времени выдержки. На рис.5 и рис.6 представлены зависимости толщины слоя окалины и α -слоя со-

ответственно от температуры нагрева и времени выдержки для псевдо- α -сплава BT20.

Если нагрев происходит в α - или $(\alpha + \beta)$ - области, то толщина окалины и глубина α -слоя невелики и исчисляются сотыми и тысячными долями миллиметра. Увеличение выдержки при таком нагреве вызывает относительно невысокий рост газонасыщенного слоя. С этой точки зрения рекомендуемая предельная температура перегрева материала

Зависимость толщины слоя окалины от температуры и времени выдержки

Зависимость глубины α -слоя от температуры и времени выдержки

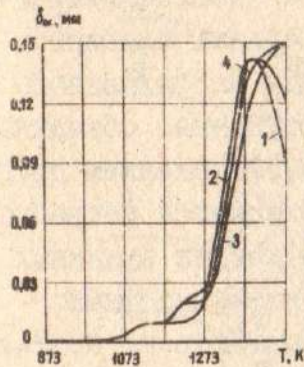


Рис. 5

1-0,3кс; 2-1,8 кс;
3-3,6 кс; 4-7,2 кс.

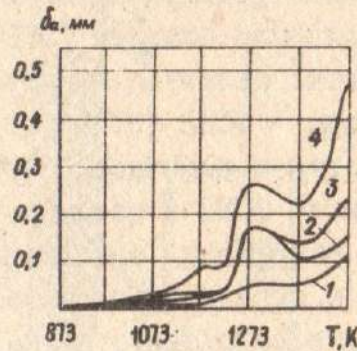


Рис. 6

1-0,3 кс; 2-1,8 кс;
3-3,6 кс; 4-7,2 кс.

риала заготовки не должна превышать нижний предел полиморфного преобразования для данного сплава. Например, для сплава BT5-1 температура начала превращения колеблется от 1223 К до 1300 К в зависимости от содержания легирующих добавок.

Проведенное исследование глубины α - слоя на поверхности детали, образовавшегося при импульсной штамповке с нагревом при помощи газового радиационного нагревателя, позволяет рекомендовать указанные процессы для производства изделий из титановых сплавов, поскольку величина слоя не превышает заданные пределы и не оказывает существенного влияния на механические свойства детали.

Для улучшения эксплуатационных характеристик альфированный слой удаляют с поверхности детали с помощью пескоструйной обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова Е.А., Бочвар Г.А., Брун М.Я. и др. Титановые сплавы. Металлография титановых сплавов. -М.:Металлургия, 1980.-464с.