

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОФИЛЕЙ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ПЛАСТИНЫ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ТВС АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ

Технологическая схема производства любого фасонного профиля разрабатывается в зависимости от материала, требований к качеству, объема выпускаемой партии, конфигурации профиля и конкретных производственных условий. Следует иметь в виду, что определение оптимальной схемы изготовления группы профилей или конкретного фасонного профиля очень сложная задача, требующая одновременного учета целого ряда факторов. Оптимальная технология производства любого профиля, скорее всего, не существует, поэтому следует говорить лишь о рациональном выборе способа производства конкретного профиля заданного качества.

В работе сопоставлены известные технологические схемы промышленного производства стальных тонкостенных моносимметричных профилей высокой точности и показано, что в случае изготовления сравнительно коротких профилей целесообразно последовательно применять операции холодных прокатки и штамповки. Такая схема позволяет существенно упрочнять зону сопряжения отдельных элементов профиля и гарантировать исключение разрушения металла.

Теория и практика изготовления фасонных профилей свидетельствуют [1], что чем больше осей симметрии в сечении профиля, тем проще технология его изготовления. Моносимметричные профили, содержащие сравнительно тонкие полотна, нетехнологичны в большинстве известных схем из-за сложности правки готовых профилей в холодном состоянии.

Анализ известных способов и выбор наиболее пригодной технологической схемы для мелкосерийного изготовления моносимметричного тонкостенного особо точного профиля из коррозионно-стойкой стали типа 18–10 выполнен для пластины крепления ТВС, показанной на рис. 1. Указанные размеры являются контролируруемыми, за исключением длины профиля l , и выполняются по 7-му качеству. Из сортамента в качестве профиля-представителя выбрана пластина с размерами: $a = 1,2$ мм; $d = 2,3$ мм; $h = 25$ мм. Длина варьировалась в диапазоне от 50 до 100 мм.

Экспериментально опробовано и теоретически МКЭ проанализировано несколько технологических вариантов изготовления с холодным де-

формированием на финишном переделе для обеспечения кроме готовых размеров заданных характеристик прочности и пластичности:

- многопроходное волочение в фасонных волоках из минимальной в сечении прямоугольной заготовки;
- холодная прокатка предварительно отожженной и химически обработанной полосы в специальном калибре с получением спаренной заготовки пластины;
- холодное прессование пластины из плоскоовального контейнера с коэффициентом вытяжки не более 5;
- холодная высадка цилиндрической головки в штампе на предварительно прокатанной, термически и химически обработанной полосе с толщиной полотна профиля.

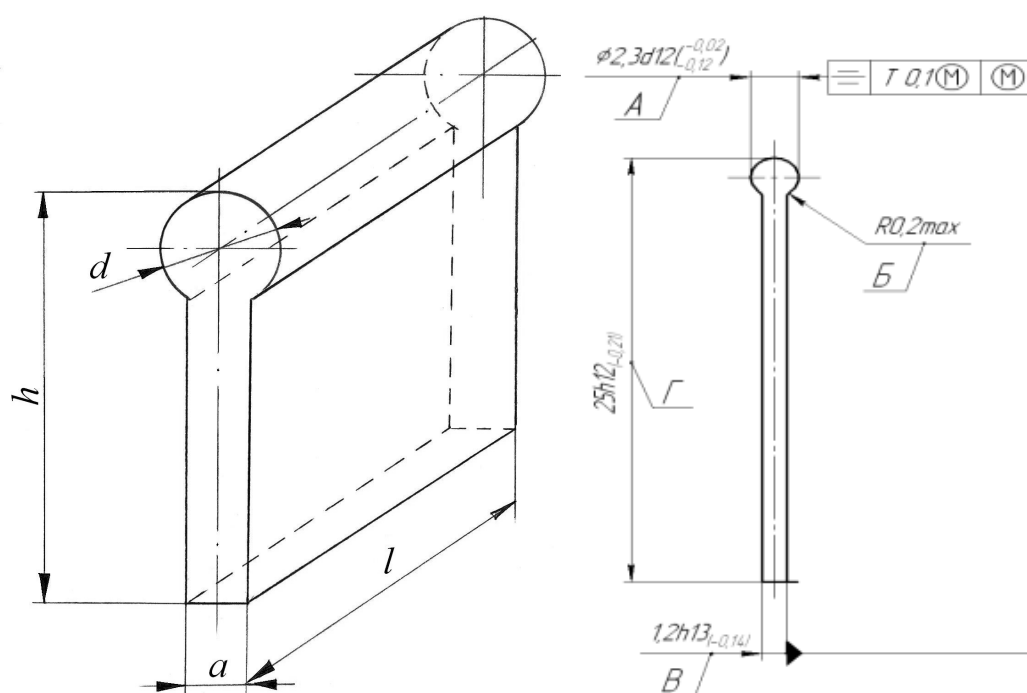


Рис. 1. Конфигурация профиля

Сложность изготовления фасонной полосы для элементов крепления тепловыделяющих систем атомных реакторов заключается в том, что полоса должна быть изготовлена из коррозионно-стойких жаропрочных сталей, склонных к интенсивному степенному упрочнению типа 08X18H10, 08X18H10T, 12X18H9, 12X18H10 и 12X18H10T. Сложность так же увеличивает то, что требования к точности размеров и формы полосы очень высоки, поле допусков в соответствии с техническими требованиями очень узкое.

Надежность работы металла оценивается не только прочностью, но и пластичностью, которую он сохраняет до конца службы. Поэтому важной характеристикой жаропрочного материала является запас пластичности.

В ходе моделирования процесса волочения полосы была показана возможность реализации данной технологии, но выявлена проблема изгиба полосы на входе в волоку вследствие разных величин обжатий по сечению.

В результате моделирования процесса прессования было выявлено, что из-за различных вытяжек по сечению профиля, он начинает изгибаться на выходе из матрицы. Изгиб такого характера называется «серповидностью» и его трудно исправить без изменения размеров поперечного сечения профиля. Для предотвращения такого изгиба необходимо регулировать толщину калибрующего пояска матрицы, что является сложной и дорогостоящей операцией.

Моделирование процесса прокатки показало возможность изготовления подобных профилей этим методом. Однако для предотвращения изгиба полосы применяется сдвоенный калибр, и после прокатки возникает необходимость разделения полос, что приводит к неудовлетворительному качеству поверхности головки полосы.

В силу особенностей сечения фасонной полосы альтернативной технологией производства является высадка головки. В итоге наиболее пригодным был признан последний технологический вариант, при котором после штамповки предусматривалась лишь одна операция – абразивная отрезка концевых частей штампованной заготовки. Пластины удовлетворяют всем требованиям ТУ. Изготовлена опытная партия пластин для макетной сборки ТВС. Спроектирована и изготовлена штамповая оснастка, определены оптимальные размеры заготовок и необходимые усилия зажатия полотна пластины в штампе и высадки головки.

Остальные варианты технологии изготовления пластин из-за выявленных недостатков в дальнейшем не рассматривались. При волочении и прессовании не удалось исключить серповидность полотна, а при последующей правке различными способами появлялись другие неустраняемые дефекты (коробление, утяжка полотна, смятие). Сдвоенная катаная полоса требует разделения и калибровки цилиндрических головок либо волочением, либо штамповкой. Прокатка дает возможность получить требуемый профиль, но существенно усложняет и удорожает отделку. Ни одна из опробованных технологий, кроме штамповки, не позволила обеспечить на готовых пластинах требуемое соотношение между механическими свойствами металла полотна и головки, а также необходимую прочность в зоне перехода от полотна к головке. При высадке цилиндрической головки в штампе механические свойства полотна формируются прокаткой, а головки – штамповкой.

С целью анализа НДС построена и решена МКЭ в плоской постановке краевая задача для жесткопластического материала со степенным упрочнением. Кривая упрочнения и диаграмма пластичности стали 12Х18Н10Т задавались таблично по литературным данным [2; 3]. Процесс

высадки головки показан на рис. 2. Форма штампа предотвращает потерю устойчивости достаточно высокой высаживаемой части пластины.

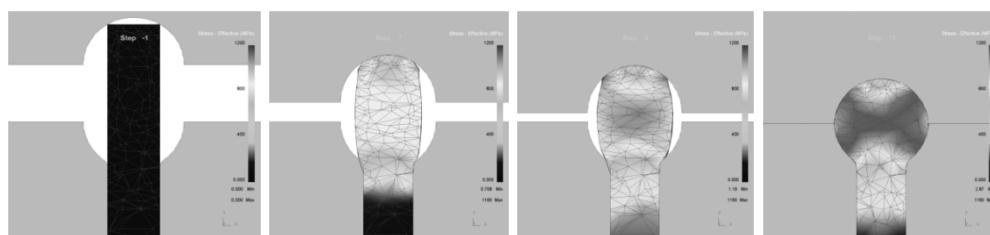


Рис. 2. Этапы высадки головки профиля

Для оценки прочностных свойств и запаса пластичности металла в зоне перехода от полотна к головке определены компоненты тензоров напряжений и деформаций, а также рассчитаны инвариантные характеристики: T – интенсивность касательных напряжений; Λ – степень деформации сдвига; σ/T – показатель напряженного состояния, где σ – среднее нормальное напряжение. Результаты расчета этих параметров на этапах высадки, характеризующих абсолютной высотой деформацией Δh , приведены в таблице. Пределы прочности и текучести металла переходной зоны определены по конечной величине Λ с помощью кривых упрочнения, а запас пластичности при $\sigma/T = -0,766$ найдены по соответствующей диаграмме $\Lambda_p = f(\sigma/T)$ [3], где Λ_p – предельно допустимая степень деформации сдвига. Для стали 12Х18Н10Т Λ_p составляет 3,8 при этом σ/T .

Таблица

Показатели напряженно-деформированного состояния

Δh , мм	σ_{11} , МПа	σ_{33} , МПа	σ_{22} , МПа	ϵ	Λ	T , МПа	σ , МПа	σ/T
0,174	-3,537	-371,454	-135,687	0,006	0,01	186,375	-170,226	-0,913
0,522	-14,767	-573,066	-295,833	0,066	0,114	297,152	-294,555	-1,055
1,044	-1,928	-886,429	-455,118	0,224	0,388	422,295	-447,825	-1,013
1,566	54,939	-1018,977	-523,830	0,374	0,648	527,50	-495,956	-0,923
2,0	140,986	-787,027	-429,284	0,453	0,785	468,045	-358,442	-0,766

Важным достоинством предлагаемой схемы является устранение операции правки профиля. Найденный способ комбинирования прокатки со штамповкой дает возможность раздельного формирования свойств элементов фасонного профиля. Кроме того, анализ запаса пластичности после штамповки в точке перехода полотна профиля в головку показал, что запас пластичности остается достаточно большим. График зависимости накопленной степени деформации от показателя напряженного состояния σ/T , а

так же диаграмма пластичности для стали 12X18H10T представлены на рис. 3.

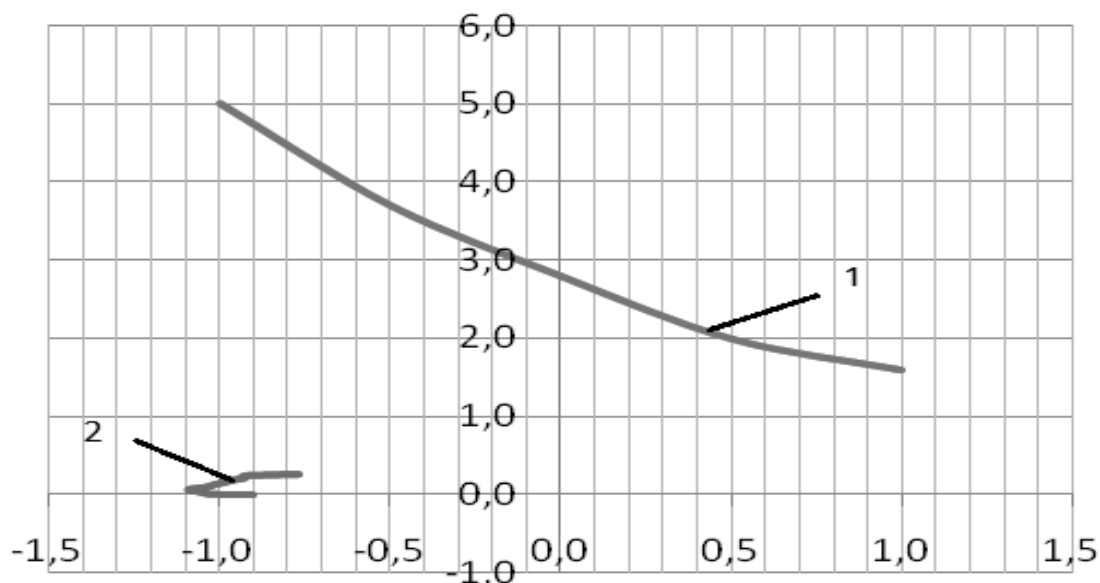


Рис. 3. График зависимости Λ от σ/T :
 1 – кривая пластичности для стали 12X18H10T;
 2 – зависимость Λ от σ/T в точке перехода полотна полосы в головку

Список использованных источников

1. Выдрин В.Н. Производство фасонных профилей высокой точности / В.Н. Выдрин, А.Б. Гроссман, В.К. Павлов [и др.] М.: Металлургия, 1977. 184 с.
2. Зюзин В.И., Третьяков А.В. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением. Челябинск: Металл, 1993. 368 с.
3. Богатов А.А., Мижирицкий О.И., Смирнов С.В. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением. М.: Металлургия, 1984. 144 с.