

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФОРМИРОВАННЫХ
ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

Самчук А.П.,

научный руководитель доктор технических наук Сидельников С.Б.

Сибирский федеральный университет

Цветные металлы и сплавы широко применяются в различных отраслях промышленности для изготовления изделий и полуфабрикатов методами обработки металлов давлением. Самой востребованной группой обрабатываемых материалов являются алюминий и его сплавы.

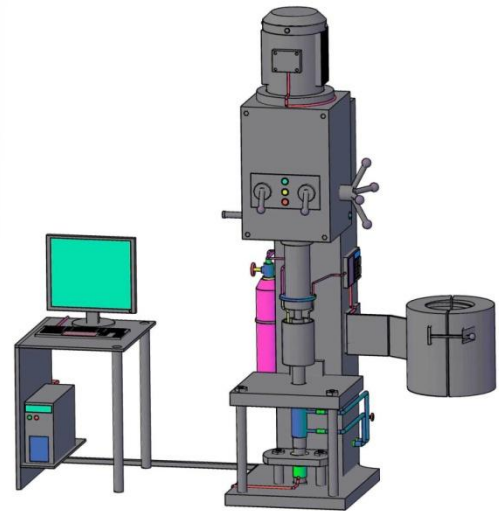
Рост потребности в электротехнической катанке с высокими эксплуатационными характеристиками соответствующего качества по минимальной себестоимости обуславливает развитие новых, ранее не применяемых алюминиевых сплавов. Сплавы таких систем, как AL–PЗМ (редкоземельные металлы) и AL–ПМ (переходные металлы) обладают высокой прочностью и низким удельным электросопротивлением при повышенных температурах до 250 °С. Для получения катанки с такими характеристиками используют новые схемы обработки металла, с использованием методов совмещенной прокатки–прессования (СПП) и совмещенного литья и прокатки–прессования (СЛИПП), разработанных на кафедре ОМД ИЦМиМ СФУ.

Для проектирования оборудования и технологии получения катанки электротехнического назначения из новых сплавов методами СПП и СЛИПП необходимо изучение реологических характеристик металла. С этой целью создан исследовательский комплекс для определения механических свойств цветных металлов и сплавов, который включает универсальную машину LFM400 (рис. 1, а), предназначенную, в основном, для испытаний на сжатие и растяжение, и исследовательскую машину по определению сопротивления деформации методом скручивания (рис. 1, б), предназначенную для определения сопротивления деформации металла методом кручения. Обе машины оснащены современной компьютерной техникой, периферийными устройствами и тензометрической аппаратурой, что позволяет упростить процесс обработки данных испытаний.

Проектируя оборудование для производства катанки с помощью совмещенных методов обработки, важно определить мощность, необходимую для реализации процесса, при этом знание реологических характеристик обрабатываемого сплава является определяющим. С этой целью восстанавливается исследовательская машина по определению сопротивления деформации методом скручивания (см. рис. 1. б.), которая выполнена с возможностью варьирования ряда параметров, таких, как температура металла, скорость деформации, число оборотов. Применяемый метод кручения позволяет получить данные по сопротивлению деформации металла при условиях, характерных для прессования или совмещенных методов СПП и СЛИПП.



а



б

Рис.1. Установки для проведения испытаний: а - универсальная машина LFM400; б – модель машины для испытаний на горячее скручивание

В настоящее время установка подвергается модернизации путем замены устаревшей системы управления, а также использования современного тензометрическое обеспечения процессов испытаний компании ZetLab, с возможностью определения большого количества показаний, отображающихся на мониторе компьютера как графически, так и таблично.

Методика проведения исследований предусматривает скручивание поочередно двух образцов разных диаметров при одинаковых температурно–скоростных параметрах. Высокотемпературные исследования проводят в расплаве солей. Данная схема позволяет легко контролировать температуру образца по всему объему.

Значения момента, возникающего в момент скручивания образца и отображающегося на датчике установки, используются при расчетах сопротивления деформации по следующей формуле

$$\tau = \frac{3(M_1 - M_2)}{2\pi(\rho_1^3 - \rho_2^3)}, \quad (1)$$

где M_1, M_2 – момент силы, возникающий при скручивании 1 и 2-го образцов;
 ρ_1, ρ_2 – радиус образцов.

Для пересчета числа скручиваний в деформацию сдвига используют соотношение

$$\gamma = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2l} \varphi, \quad (2)$$

где l – длина рабочей части образца, мм;
 $\varphi = 2\pi n$ – угол скручивания (угол поворота шпинделя), рад.

Скорость деформации определяют по формуле

$$\xi = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2l} \omega, \quad (3)$$

где ω – угловая скорость шпинделя, c^{-1} .

Анализируя полученные данные, проводят сравнение результатов расчета с результатами замеров на лабораторной установке совмещенной обработки, которая

снабжена датчиками марки CWW-50tf и анализатором Zet017-T8. Показания датчиков, установленных под нажимными винтами валков и матрицей, характеризуют энергосиловые параметры процесса. Используя расчетные и экспериментальные данные, отработывают модель процесса для дальнейшего проектирования технологии производства катанки.

На следующей стадии исследований проводят испытания на растяжение для определения прочностных и пластических свойств опытных образцов с применением машины LFM400 усилием 400 кН. При этом фиксируют каждый раз изменение длины рабочей части образца, а также соответствующее этому изменению значение растягивающей силы P . Затем определяют напряжение текучести σ_T , временное сопротивление разрыву σ_B , логарифмическую степень деформации $\bar{\epsilon}$ и относительное удлинение δ по формулам:

$$\sigma_T = \frac{P}{F_0}; \sigma_B = \frac{P_{\max}}{F_0}; \bar{\epsilon} = \ln \frac{l}{l_0}; \delta = \frac{l - l_0}{l_0} 100\%, \quad (4)$$

где P_{\max} – максимальная сила растяжения на всем участке пластического деформирования образца, предшествующая моменту образования шейки; F_0 и l_0 – исходные площадь поперечного сечения и длина рабочего участка образца соответственно, $F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}$; l – текущая длина рабочего участка образца.

Скорость деформации рассчитывается как отношение скорости перемещения подвижного захвата испытательной машины v , мм/с к исходной длине рабочего участка образца l_0 , мм и варьируется в процессе исследований в заданных техническими характеристиками машины пределах.

Данный исследовательский комплекс использовался для определения реологических характеристик известных и новых алюминиевых сплавов. На рис. 2 в качестве примера приведены полученные методом кручения данные по сопротивлению металла деформации для сплава АД31, являющегося наиболее применяемым для производства прессованных профилей.

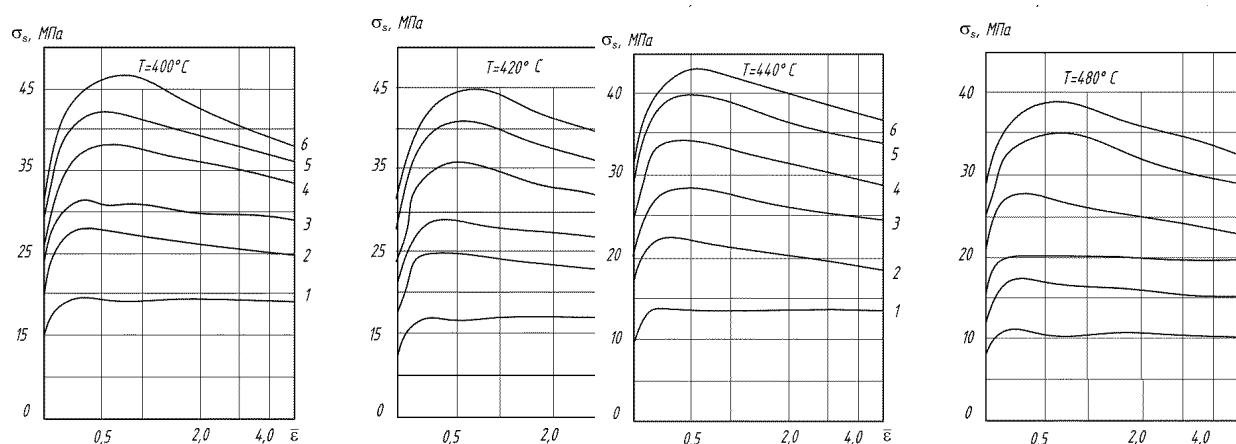


Рис. 2. Зависимость сопротивления деформации σ_s сплава АД31 от степени деформации $\bar{\epsilon}$ при разных скоростях деформации ξ , s^{-1} : 1 – 0,005; 2 – 0,07; 3 – 0,23; 4 – 0,81; 5 – 2,06; 6 – 10,24

Результаты исследований механических свойств на машине LFM400 для сплава системы Al-PЗМ представлены на рис. 3.

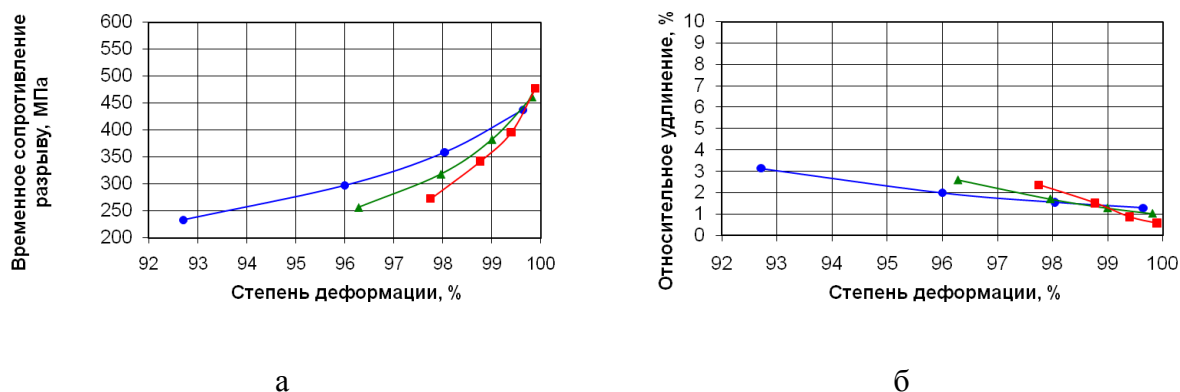


Рис. 3. Зависимости временного сопротивления разрыву σ_g (а) и относительного удлинения δ (б) от степени деформации для проволоки из экспериментального сплава системы Al-PЗМ, полученной из катанки, изготовленной по методу СПП при температуре заготовки $T_3 = 480$ °С и скорости деформации $\xi = 0,74$ с⁻¹; —●—, —▲—, —■— — диаметр 5, 7 и 9 мм соответственно

Таким образом, на кафедре ОМД ИЦМиМ создан исследовательский комплекс для определения реологических характеристик цветных металлов и сплавов с возможностью проведения испытаний в широком диапазоне деформационных и технологических параметров. В рамках совместных работ с ОАО «РУСАЛ ИТЦ» планируется дальнейшее исследование механических свойств новых алюминиевых сплавов на основе Al-PЗМ, Al-ПМ и др. с применением разработанного комплекса для проектирования технологии получения катанки на установке совмещенной обработки, внедряемой на Иркутском алюминиевом заводе.