

Е.А. Джур, А.Ф. Леднянский, О.В. Бондаренко

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЩНОСТЕЙ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Аннотация. В статье рассмотрена возможность и ориентировочно определены объемы выплавки деформируемых алюминиевых сплавов с использованием мощностей литейных цехов машиностроительных заводов.

Ключевые слова. Деформируемые алюминиевые сплавы, плавильные печи, мощность литейных цехов.

Постановка задачи

Для современной экономики Украины характерно наличие незамкнутых циклов создания различных изделий машиностроения, то есть разрывов в цепочке от разработки изделия до его изготовления и испытаний, включая сюда и производство необходимых материалов. Эти разрывы технологических циклов приводят к серьезной зависимости украинских предприятий от своих иностранных партнеров, которые во многих случаях являются не только партнерами, но и конкурентами. Наиболее чувствительно такое положение в высокотехнологичных отраслях машиностроения. Для многих отечественных предприятий характерно использование устаревшего комплекса материалов и технологий, а также соответствующего ему технологического оборудования. К тому же имеющееся оборудование загружено не на полную мощность. Все это приводит к резкому снижению конкурентоспособности отечественной продукции на мировом рынке. Радикальное обновление оборудования, а также комплекса материалов и технологий требует значительных средств, которых у многих отечественных предприятий недостаточно. Помимо привлечения заемных средств и инвестиций предприятиям необходимо изыскивать внутренние резервы повышения собственной конкурентоспособности. Одним из таких резервов является расширение сферы применения имеющегося, нередко простаивающего, оборудования при условии,

разумеется, обеспечения качества выпускаемой продукции. При этом осваиваются новые технологии, производство новых видов продукции, обновляется номенклатура производимых и применяемых материалов. Фактически речь идет об уменьшении объема капиталовложений, необходимых для переоснащения предприятий, доведения их до современного уровня, обеспечения возможности успешной деятельности и развития.

Например, в Украине слабо развито производство таких важных для любой промышленно развитой страны материалов, как деформируемые алюминиевые сплавы. Речь идет о сплавах систем Al-Mg (AMг6), Al-Mg-Sc (1570), Al-Mg-Sc-Zr (1545,1535), Al-Zn-Mg-Cu (B95, B96), Al-Zn-Mg (1925,1915,1935), Al-Cu-Mg (Д16, Д19), Al-Cu-Mn (Д20,1201), Al-Mg-Li (1420), Al-Cu-Li и других, особенно высокопрочных. Острую потребность в них ощущают такие отрасли как транспортное машиностроение (строительство вагонов, локомотивов, особенно для скоростных поездов и метрополитенов), судостроение, авиационная, ракетно-космическая промышленность[1,2,3]. Наилучшим вариантом решения данной проблемы является, естественно, строительство современного металлургического предприятия, позволяющего получать прокат и пресованные профили из алюминиевых сплавов. Однако создание такого предприятия требует огромных затрат средств и времени. Следует отметить, что современные отечественные предприятия наиболее часто нуждаются в малых партиях полуфабрикатов из широкой номенклатуры деформируемых алюминиевых сплавов. Приобрести такие партии у металлургических предприятий либо невозможно, либо цена делает использование покупных полуфабрикатов нецелесообразным. Однако на многих предприятиях простаивают значительные мощности по выплавке литейных алюминиевых сплавов. Потребность в отливках из силуминов и других сплавов в настоящее время намного ниже, чем проектная мощность литейных цехов. Увеличение спроса на отливки из литейных алюминиевых сплавов, по крайней мере, со стороны отечественных предприятий, маловероятно, так как экономика Украины фактически ут-

ратила отрасли и подотрасли, которые являются основными потребителями алюминиевого литья, например, сельскохозяйственное двигателестроение. Со стороны иностранных предприятий увеличение спроса также маловероятно, так как многие государства имеют достаточно высокоразвитое производство литейных алюминиевых сплавов и отливок из них. Вместе с тем отрасли, в основном потребляющие деформируемые алюминиевые сплавы, имеют реальные перспективы устойчивого развития.

Формулировка целей статьи

Таким образом, имеет смысл рассмотреть техническую возможность задействования простаивающих мощностей литейных цехов машиностроительных заводов для выплавки деформируемых алюминиевых сплавов. Необходимо оценить, возможно ли использование плавильных печей литейных цехов для выплавки деформируемых сплавов с учетом потребности Украины в полуфабрикатах из этих материалов на уровне нескольких тысяч тонн и более. Оценку целесообразно производить по таким критериям: сырье, технологии и оборудование, объем выплавки металла в печах различной емкости.

Основная часть

В качестве сырья для выплавки слитков деформируемых алюминиевых сплавов возможно использование первичного алюминия как отечественного, так и импортного производства. В настоящее время наиболее доступен импортный первичный алюминий. Лигатуры могут быть как отечественными (например, «ГП «Цирконий»), так и импортными (например, фирма «Cast»). Аналогичным образом обстоит дело с флюсами и модификаторами. Возможно также использование вторичного алюминия отечественного или импортного производства, тем более что некоторые алюминиевые сплавы, особенно не сварные, специально разработаны с учетом возможности использования для их выпуска вторичного алюминия и сырья с высоким содержанием вредных примесей. Все указанные виды сырья производятся либо продаются на мировом рынке без ограничений. Таким образом, сырье относительно доступно и его достаточно для удовлетворения

потребностей экономики Украины в настоящее время и в ближайшем будущем.

Многие технологии, по данным открытой печати, необходимые для выплавки деформируемых алюминиевых сплавов, такие как вакуумирование и фильтрация расплава через керамические или металлические сетки, достаточно хорошо известны отечественным специалистам-литейщикам и находят применение. Обилие модификаторов отечественного и иностранного производства, а также постоянное появление новых создает даже некоторые проблемы для заводских технологов, связанные с выбором оптимального в каждом конкретном случае модификатора. Температура перегрева в плавильных печах различной конструкции обеспечивает возможность разлива сплавов в водоохлаждаемые формы, что необходимо для изготовления столбов (слитков), применяемых в производстве пресованных профилей и труб. Серьезной проблемой для дальнейшей обработки алюминиевых сплавов давлением является неравномерность их химического состава по сечению слитка. Чем массивнее слиток, тем выше вероятность ликвации. Для уменьшения ликвации может быть использована комбинированная гомогенизирующая обработка, состоящая в одновременном действии температуры и пластической деформации. Степень деформации, температура нагрева, скорость деформации зависят от химического состава сплава, формы, размеров и назначения полуфабрикатов. Возможно и более сложное воздействие с использованием различных физических эффектов. Такая обработка может применяться не только в качестве гомогенизирующей, но и в качестве формообразующей [4].

Прессование профилей, труб и оребренных панелей, прокатка листа представляют собой самостоятельные сложные научные и технические задачи. Их решение возможно с использованием как имеющегося оборудования отечественных машиностроительных и металлургических заводов, так и путем строительства новых прессов и прокатных станов необходимой мощности и производительности. В

Украине на нескольких предприятиях работает около 15 прессовых линий по производству алюминиевых профилей. В настоящее время эти предприятия в основном загружены изготовлением профилей, предназначенных для изделий широкого употребления, но имеют также практический опыт работы с деформируемыми сплавами различных систем и различного назначения. В случае экономической выгоды выпуска полуфабрикатов из деформируемых, в том числе высокопрочных, алюминиевых сплавов, можно рассчитывать и на эти мощности. На выпуске мощного кузнечно-прессового и прокатного оборудования специализируются в Украине такие предприятия как «Днепротяжмаш», ОАО «Завод «Днепропресс»» (г. Днепропетровск), «Новокраматорский машиностроительный завод» (г. Новокраматорск) и другие. Возможно приобретение оборудования и за границей.

Для оценки объемов выпуска продукции с использованием печей различной емкости расчеты проведем для стандартного листа с размерами 4800×1750 мм различной толщины с учетом разнообразия полуфабрикатов, выпускаемых из деформируемых сплавов. В расчет берем лист с размерами 4800×2100 мм с учетом увеличения ширины листа на 150-300 мм из-за возможности образования трещин в направлении, перпендикулярном направлению прокатки. Для определения возможности выпуска заготовок для производства профилей и труб определим длину профилей с площадью поперечного сечения от 1 см² до 50000 см². При расчетах примем, что одна пятая часть слитка непригодна для последующей обработки из-за усадочной раковины, пористости и других дефектов.

Наиболее широко на отечественных машиностроительных заводах используются печи с емкостью по алюминию 120 кг, 250 кг, 500-750 кг, 1000-1250 кг. Печи большей емкости (2000 кг и более) встречаются относительно редко. Большинство крупных машиностроительных заводов имеют мощность литейных цехов в пределах от 1500 до 6000 тонн алюминиевых сплавов в год. Печи сопротивления, серийно выпускаемые промышленностью, позволяют получить одну

плавку в два – четыре часа, для сплавов сложного состава и с повышенными требованиями по чистоте, в том числе деформируемых, шесть часов, с учетом загрузки печи и разливки расплава – одна плавка в смену, следовательно, максимум три плавки в сутки. Печи с индукционным нагревом обеспечивают одну плавку в два часа, то есть максимально двенадцать плавок в сутки, но они наиболее эффективны при непрерывном режиме работы. Пламенные печи зачастую имеют большую емкость, чем электрические (от 2 до 30 тонн алюминия), их минимальная загрузка соответственно составляет от 1,0 до 1,5 тонн алюминия и более.

Определение объемов производства сплавов с использованием плавильных печей литейных цехов проведем из расчета следующих годовых фондов времени работы оборудования: односменная работа – 1985 часов, двухсменная – 3890 часов, трехсменная – 5840 часов. Максимальный коэффициент загрузки литейных печей – 0,9. В зависимости от номенклатуры выпускаемых сплавов и потребности в каждом из них коэффициент загрузки может уменьшаться.

При расчетах примем, что для дальнейшей обработки давлением используется 80% слитка. Годовой выпуск металла определим для наиболее распространенных на машиностроительных заводах печей сопротивления.

Таким образом, при использовании печи сопротивления емкостью 1250 кг по алюминию масса слитка, подвергаемого последующей обработке давлением, составляет около 1000 кг. Такие слитки целесообразно использовать для получения листов толщиной 30-35 мм и более, пресованных профилей большого сечения, оребренных панелей, крупногабаритных поковок. При трехсменном режиме работы такой печи возможно получить около 650-660 тонн металла в год.

При максимальной загрузке в печь сопротивления 750 кг алюминия масса слитка составит около 600 кг. Такие слитки подходят для единичного и мелкосерийного производства профилей большого сечения, листов толщиной 18-22 мм, поковок. При трехсменном режиме работы можно получить до 390–400 тонн металла в год.

Печь сопротивления емкостью 250 кг по алюминию позволяет получать слитки массой около 200 кг. Такие слитки целесообразно использовать для получения тонких листов (толщина до 6-7 мм), профилей с малой площадью поперечного сечения, труб с малой толщиной стенок, поковок. При трехсменном режиме работы в ней можно выплавить до 130-135 тонн металла в год.

Данные об объемах выпуска сплавов для печей различной емкости при различных значениях коэффициента загрузки приведены в таблице 1. Данные о толщине листа стандартного размера и длине профилей с различной площадью поперечного сечения приведены в таблицах 2 и 3. Приведенные значения массы слитков и годовых объемов выплавки сплавов приблизительные, так как плотность многих алюминиевых сплавов отличается от плотности чистого алюминия. Кроме того, в достаточно широких пределах может изменяться продолжительность плавки. Указанные типоразмеры полуфабрикатов также носят ориентировочный характер, так как из крупных слитков можно сделать полуфабрикаты с размерами меньше максимально допустимых. Эти данные необходимы для рационального распределения работ между печами и определения предельных возможностей предприятия, располагающего тем или иным оборудованием.

Таблица 1

Годовой объем выпуска металла (алюминий) в печах различной емкости, тонны

Масса слитка, кг	Режим работы (годовой фонд времени работы оборудования)	Расчетное количество плавов	Коэффициент загрузки оборудования выплавкой деформируемых сплавов			
			K=0,9	K=0,6	K=0,3	K=0,1
1000	Трехсменный (5840 часов)	657	657	438	219	73
600			394	262	131	43
200			131	87	43	14
1000	Двухсменный (3890 часов)	447	447	298	149	49
600			268	178	89	29
200			89	59	29	9
1000	Односменный (1985 часов)	223	223	148	74	24
600			133	88	44	14
200			44	29	14	4

Толщина листа в мм при различной массе слитка

№	Масса слитка (алюминий), кг	Толщина листа (алюминий), мм
1	1000	37
2	600	22
3	200	7

Примечание.

Толщина листа округлена до ближайшего целого меньшего значения. При расчетах использовались размеры листа 4800×2100 мм.

Длина профиля в м, получаемого из слитка указанной массы

№	Площадь поперечного сечения профиля, см ²	Масса слитка (алюминий), кг		
		1000	600	200
1	1	3703,700	2222,220	740, 740
2	5	740,740	444,440	148,140
3	10	370,370	222,222	74,070
4	50	74,070	44,440	14,810
5	100	37,037	22,222	7,407
6	500	7,407	4,444	1,481
7	1000	3,703	2,222	0,740
8	5000	0,740	0,444	0,148
9	10000	0,370	0,222	0,074
10	50000	0,07	0,004	0,014

Как видно из таблицы 3 в зависимости от массы слитка при площади поперечного сечения от 1000 до 10000 см² все размеры заготовки соизмеримы, то есть имеет смысл получать поковки, а не пресованные профили, при площади сечения 10000-50000 см² профиль превращается в лист или плиту (панель).

Суммарная масса выплавленных алюминиевых сплавов будет существенно уменьшаться с увеличением их номенклатуры, так как

при переходе от выпуска одного сплава к выпуску другого понадобятся промывочные плавки и другие мероприятия.

Таким образом, имеющиеся на отечественных машиностроительных заводах плавильные печи позволяют обеспечить выпуск слитков металла, пригодных для изготовления полуфабрикатов из деформируемых алюминиевых сплавов большинства типоразмеров. Задействование мощностей литейных цехов даже одного-двух заводов позволяет удовлетворить потребности Украины в заготовках для производства таких полуфабрикатов.

Выводы и перспективы дальнейших исследований

На основании изложенного выше можно сделать вывод о том, что использование простаивающего оборудования литейных цехов для выплавки деформируемых алюминиевых сплавов позволяет обновить применяемый на отечественных предприятиях разных отраслей комплекс материалов и технологий, обеспечить наиболее высокотехнологичные отрасли экономики Украины нужными им материалами отечественного производства. В условиях мелкосерийного и даже единичного машиностроительного производства относительно малые мощности литейных плавильных печей будут достаточно полно загружены выпуском малых партий слитков различных сплавов. В комплексе это будет способствовать росту конкурентоспособности отечественной продукции как на внутреннем, так и на мировом рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данченко В.Н., Миленин А.А., Головки А.Н. Производство профилей из алюминиевых сплавов. теория и технология. – днепропетровск: “Системные технологии”, 2002. – 448 с.
2. Авіаційно-космічні матеріали та технології [Текст]/ В.О. Богуслаєв [та ін.] – Запоріжжя: Вид-во ВАТ “Мотор Січ”, 2009. – 383 с.
3. Скрыбин С.А. Изготовление поковок из алюминиевых сплавов горячим деформированием. – К.: КВІЦ, 2004. – 346 с.: ил.
4. Е.С. Переверзев Синергетическая трактовка комплексной энергетической обработки сплава АМг6М./ Е.С. Переверзев, Д.Г. Борщевская, В.Д. Рябчий, С.П. Федий //Матеріали конференції “Математичні проблеми технічної механіки-2005. Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ. – 2005., с. 119.