

**СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ  
ЗНАЧЕНИЙ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ СОВМЕЩЕННОЙ  
ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ ТИПА АВ**

**Киселев А.Л.**

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Сидельников С.Б.**

*Сибирский федеральный университет*

В развитых странах доля производства рециклированного алюминия в общем потреблении алюминия уже достигает 30 %, что свидетельствует о смене приоритетов в области потребления металлопродукции и будет связано с изменением основных технологий ее получения. В данной работе приведены результаты аналитических исследований энергосиловых затрат, которые необходимо оценивать для создания новых технологий совмещенной обработки вторичных алюминиевых сплавов. На их основе проводится проектирование модульного оборудования и мини-производств для металлургической отрасли.

Полученные в результате проведения экспериментов на кафедре ОМД ИЦМиМ данные по энергосиловым параметрам процесса совмещенной прокатки-прессования (СПП) для сплава АВ93 сравнивались с рассчитанными по аналитическим зависимостям значениями.

Для расчета усилий на валках использовалась следующая формула:

$$P_{\text{вал}} = (1,7 - 0,38A)\sigma_s \frac{4\tilde{b}h}{\sqrt{3}} \left[ \left( \frac{h}{12h(A+1)} - 1 \right) (L_1 \ln 2h^2(A+1) + L_1^2) + L_2 \ln 2h^2(A+1) + L_2^2 \right) - (L_1 + L_2) \left( \frac{h}{12h(A+1)} - 1 \right) \ln 2h^2(A+1) + \frac{3 \ln \mu}{2\tilde{b}h} (L_1^2 + L_2^2) - \frac{(L_1^3 + L_2^3)}{12(2h(A+1))^2} + \frac{2\tilde{b}h}{\sqrt{3}} + \frac{\ln \mu}{\tilde{b}h} \left( \frac{\tilde{b}h\sqrt{2h(A+1)}}{\sqrt{h}} - \sqrt{2h^2(A+1)} \right) (L_1 \arctan \frac{L_1}{\sqrt{2h^2(A+1)}} + L_2 \arctan \frac{L_2}{\sqrt{2h^2(A+1)}}) \right].$$

Формула для расчета усилий на матрице записывалась следующим образом:

$$P_{\text{матр}} = \frac{1,2\sigma_s(A-1,5)}{\sqrt{3}} [2 \ln \mu h (\tilde{b}+1) (L_1 + L_2) - \frac{\tilde{b}}{(A+1)} (L_1^2 + L_2^2) + \frac{\ln \mu}{2h(A+1)} (L_1^3 + L_2^3) - \frac{b^*h}{12(2h(A+1))^3} (L_1^4 + L_2^4) + \frac{\ln \mu}{3(2h(A+1))^3} (L_1^5 + L_2^5)].$$

Здесь  $A$  – приведенный диаметр валков ( $A=12,3$ ),

$\tilde{b}$  – приведенная ширина калибра ( $\tilde{b}=1$ ),

$h$  – высота калибра ( $h=15$ ),

$\sigma_s$  – сопротивление металла деформации,

$L_1, L_2$  – длина зоны прокатки и распрессовки соответственно ( $L_1=20$  мм,  $L_2=35$  мм).

В результате выполнения расчетов были определены значения усилий для трех коэффициентов вытяжки ( $\mu = 6,8$ ;  $\mu = 8$ ;  $\mu = 15,7$ , при фиксированной температуре

нагрева заготовки  $T=480^{\circ}\text{C}$  и скорости деформации  $\zeta=0,74 \text{ с}^{-1}$ ), которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Расчетные значения усилий, действующих на валки и матрицу при СПП

АВ93	Значение вытяжки ( $\mu$ )		
	6,8	8	15,7
$P_{\text{вал}}$ (кН)	656	715	970
$P_{\text{матр}}$ (кН)	89,1	96,2	127,8

Сравнение экспериментальных и аналитических зависимостей приведено на рисунке 1.

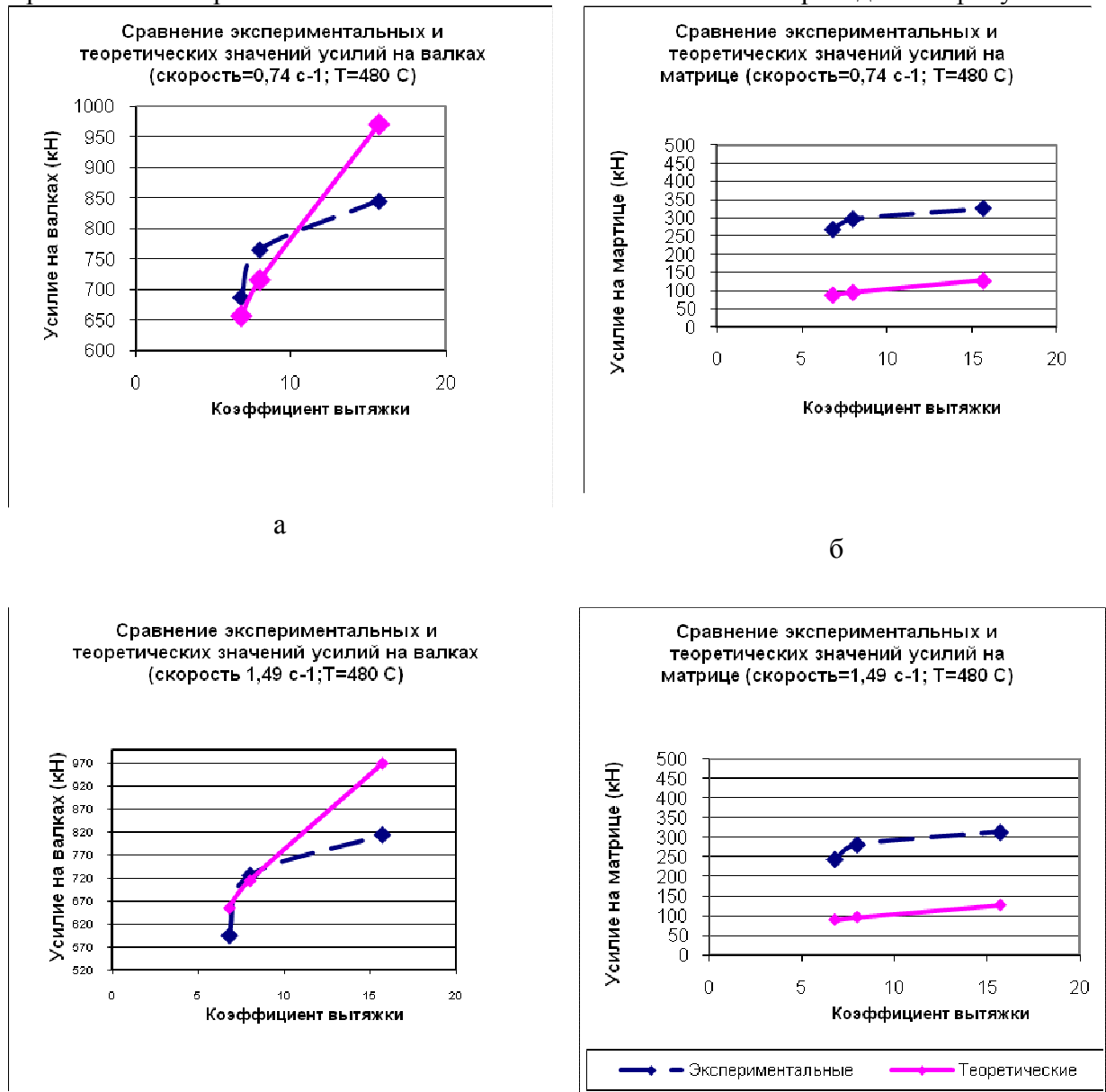
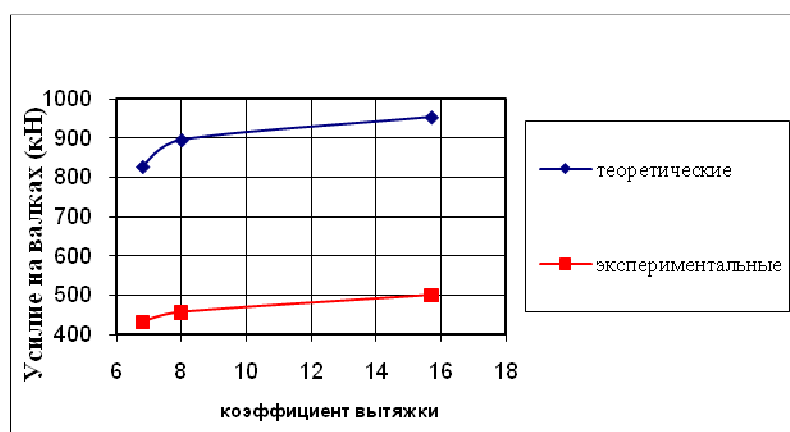


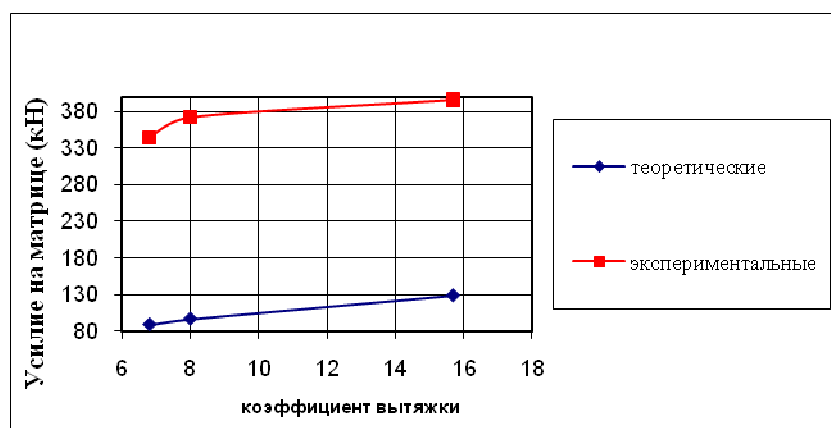
Рисунок 1 – Сравнение значений усилий, полученных аналитически и экспериментально, при различных (а-г) параметрах процесса СПП

Анализируя полученные графики, можно отметить, что формула для расчета усилия на валках дает адекватные значения и может быть принята для дальнейших расчетов. При этом наблюдается закономерность увеличения разброса значений с ростом коэффициента вытяжки. Анализ формулы для расчета усилия на матрице показал, что она дает заниженные значения по сравнению с результатами экспериментов.

Аналогичные расчеты были проведены для процесса совмещенного литья, прокатки и прессования (СЛИПП). После выполнения расчетов были определены значения усилий для трех вытяжек ( $\mu = 6,8$ ;  $\mu = 8$ ;  $\mu = 15,7$  при фиксированной температуре расплава  $T=750^{\circ}\text{C}$  и скорости деформации  $\zeta=0,74 \text{ c}^{-1}$ ), которые в сравнении с данными опытов приведены на рисунке 2.



а



б

Рисунок 2 – Значения усилий на валках (а) и на матрице (б), полученных аналитически и экспериментально для процесса СЛИПП

Сравнив полученные графики, можно отметить, что формула для расчета усилия на валки дает завышенные значения, а формула для расчетов усилия на матрице дает заниженные значения.

Таким образом, проведенные расчеты позволили проверить работоспособность формул для расчета энергосиловых параметров совмещенной обработки. Результаты работы будут использованы при проведении научно-исследовательских работ по хозяйственному договору с ОАО «Литейно-прессовый завод «Сегал», предусматривающих создание новой установки совмещенной обработки на базе прокатного стана дуо 400.