

Рис. 2. Стойкость шлифовального круга между правками на операции предварительного шлифования заготовок роликов:

1 — после прокатки; 2 — после чернового шлифования методом напроход ( $R$  — радиус поверхности качения роликов).

Быстрый износ шлифовального круга на операции предварительного шлифования прокатанных роликов требует усовершенствования процесса поперечной прокатки с целью получения более точной формы роликов.

УДК 621.793

Г.М.ЯКОВЛЕВ, А.Г.СБРИЖЕР, Е.А.БОНДАРЕВ

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФфуЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ СПЛАВОВ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ОПЛАВЛЕНИЕМ

Одним из наиболее прогрессивных методов получения биметаллических соединений ( $Fe - C$ ) + ( $Ni - Cr - B - Si$ ) является газотермическое напыление порошковых сплавов  $Ni - Cr - B - Si$  с последующим оплавлением. Характерным для этого процесса является двухстадийность образования связей между покрытием и основным металлом. При газотермическом напылении (первая стадия) происходит физический контакт покрытия с основным металлом, причем прочность сцепления напыленного слоя с основой не превышает  $20...40 \text{ МН/м}^2$  [1]. Оплавление (вторая стадия) ликвидирует пористость после напыления и создает монолитное соединение нанесенного слоя с основным металлом. Процесс взаимодействия твердой и жидкой металлических фаз при оплавлении ( $T = 1323...1373 \text{ К}$ ) сопровождается образованием на границе переходной зоны (основной металл — покрытие), где происходит объединение разнородных атомов и выравниваются различия в

металлохимических свойствах реагирующих частей системы [2]. Для получения высококачественного соединения необходимо обеспечить наличие высоких механических характеристик в зоне контакта, что возможно при минимальном развитии диффузионных процессов.

Оценка распределения элементов по сечению после газотермического напыления сплавами Ni-Cr-B-Si с последующим оплавлением проводилась на спектрографе ИСП-28. Для исследований изготавливались образцы из стали 40X и стали 45, на которые наносился слой сплава СНГН (С — 0,5...1,2%; Si — 3,5%; Cr — 12...20%; В — 2,0...4,75%; Fe — 3,0%; Ni — ост.) толщиной 0,8... 1 мм.

Первоначально исследования проводились послойным методом, т.е. с образца последовательно сошлифовывались слои и фотографировался спектр. До толщины напыленного слоя 100 мкм глубина шлифования составляла 50 мкм, а затем — 10 мкм до углубления в основной материал на 40 мкм. В качестве эталона были взяты два образца с покрытием из сплава СНГН с постоянной толщиной слоя и, следовательно, с определенным химическим составом. Концентрация элементов оценивалась по абсолютному почернению аналитических линий с учетом фона фотопластинки. В качестве аналитических были выбраны следующие линии: Ni 231,6 нм; Cr 267,2 нм; Fe 232,7 нм; Si 251,1 нм. Фотографирование проводилось при следующих режимах: ток генератора ИГ-3 равен 3 А, напряжение — 220 В; щель спектрографа — 16 мкм, аналитический промежуток — 2 мм, время обжига — 20 с. На каждом слое фотографировалось по 10 точек.

Анализ результатов показал, что концентрация элементов (К) до толщины слоя 20...50 мкм остается неизменной, поэтому после того как на образцах остался слой сплава 50 мкм и менее (т.е. при приближении химического состава исследуемой зоны к химическому составу легированной стали), образцы фотографировались с комплектом стандартных стальных элементов следующего содержания: Ni — 0,19...1,7%; Cr — 0,51...4,25%; Si — 1,17...2,09%. Режимы фотографирования остались прежними, а оценка изменения концентрации элементов проводилась по методу трех эталонов. Графики изменения Ni, Fe, Cr, Si, построенные по данным послойного анализа, приведены на рис. 1. Затем было определено изменение концентрации элементов по глубине слоя на одной аналитической линии. Для этого образец с напыленным и оплавленным слоем шлифовался под углом  $\alpha = 3^\circ$  к линии сцепления сталь — сплав. В качестве электрода использовалась медная ост-

розаточенная пластинка высотой 10 мм и шириной 1,5 мм. Применение косого шлифа дало возможность искусственно растянуть зону сцепления между покрытием и основным металлом. При кратере от искрового разряда протяженностью 10 мм фактически рассматривалось распределение элементов на глубине  $l = 10 \sin 3^\circ = 0,523$  мкм. Электрод и образец устанавливались вертикально по высоте щели при помощи теневой установки. Съемка

выполнялась без диафрагмирования щели при следующих режимах: ток генератора ИГ-3 равен 1,8 А, напряжение — 220В; рабочий разрядник — 2 мм, аналитический промежуток — 1 мм, экспозиция — 45 с, расстояние между источниками света и щелью прибора — 100 мм, расстояние между источником света и теневой установкой — 490 мм. В результате фотографирования получили линии высотой 20 мм, что соответствует 10 мм косого шлифа или 523 мкм по глубине слоя. По высоте линии делалось 20 замеров почернения аналитических линий, что соответствует приблизительно замеру через 25 мкм по глубине слоя.

Графики изменения абсолютного почернения аналитических линий Ni, Cr, Fe и Si, полученные по такой методике, даны на рис. 2. Анализ результатов послойного и линейного спектральных анализов показал, что диффузия хрома и кремния не наблюдается. Отмечается слабая диффузия никеля из покрытия в сталь, в то время как растворение железа в покрытие носит агрессивный характер.

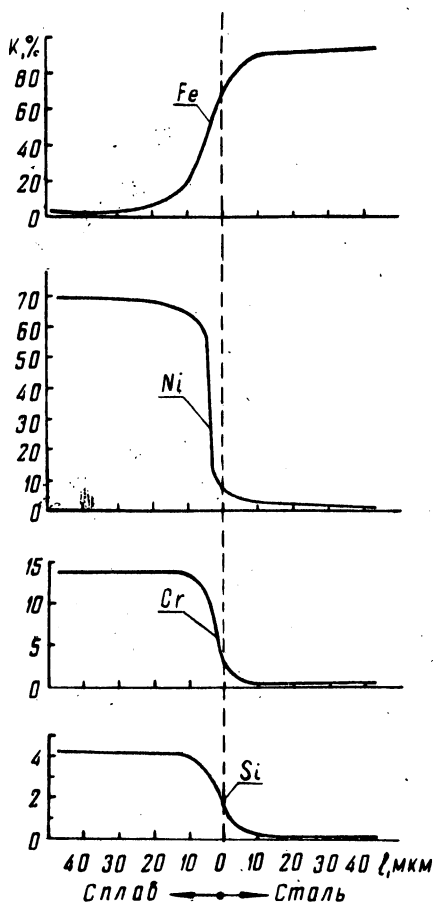


Рис. 1. Распределение Fe, Ni, Cr и Si в биметалле (Fe-C) + (Ni-Cr-B-Si) при послойном спектральном анализе.

Данные согласуются с результатами распределения элементов в образцах, наплавленных смесью порошков Ni, Cr, В и Si методом эмалирования в вакууме, полученными на рентгеновском микроанализаторе [3].

Аналогичными методами была получена зависимость ширины железной прослойки от времени выдержки при температуре оплавления (рис. 3).

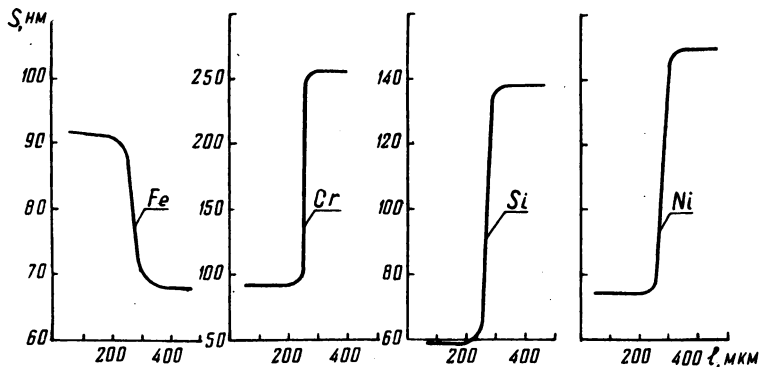


Рис. 2. Изменение абсолютного почернения аналитических линий в биметалле (Fe-C) + (Ni-Cr-B-Si) при линейном спектральном анализе.

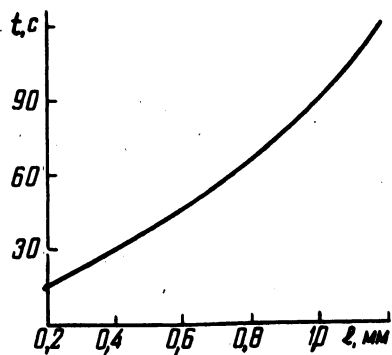


Рис. 3. Зависимость ширины железного слоя от времени выдержки при температуре оплавления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Металлизация распылением/Н.В.К атц, Е.В. Антошин, Д.Г. Вадивасов и др. — М., 1966.
2. Мовчан Б.А. Микроскопическая неоднородность в литых сплавах.— Киев, 1962.
3. Бабушкин В.Н., Лукьяненко Е.М. Применение рентгеновского микроанализатора для исследования высокотемпературных покрытий. — В сб.: Жаростойкие и теплостойкие покрытия. Л., 1969.