

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОКОБАЛЬТВОЛЬФРАМОВЫХ СПЛАВОВ

А. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ

(Представлена научным семинаром кафедр металловедения, технологии металлов
и сварочного производства)

Дисперсионно-твердеющие железокобальтвольфрамовые сплавы обладают очень важными для инструментальных материалов свойствами, в частности, высокой твердостью и теплостойкостью. Главным недостатком и препятствием к использованию их в качестве режущих сплавов является хрупкость, обусловленная крупнозернистостью структуры и неблагоприятными межкристаллитными явлениями, возникающими в процессе дисперсионного твердения.

Одним из важных средств устранения хрупкости и улучшения свойств данных сплавов является модифицирование. Исследования [1, 2] показали, что под влиянием целого ряда малых присадок существенно размельчается структура сплавов, повышается твердость, красностойкость, прочность и режущие свойства изучаемых сплавов. Однако остаются неясными вопросы связи особенностей структуры модифицированных сплавов с их свойствами и технологией получения сплавов. Изучению этих вопросов и посвящено данное исследование.

Плавка и разливка сплавов производились в вакуумной индукционной высокочастотной печи [3]. Применение вакуума преследовало цель снижения газонасыщенности металла и устранения неблагоприятных межкристаллитных выделений неметаллической фазы. Отливки имели форму брусков $10-15 \times 25 \times 100$ мм. Сплавы закаливались в процессе отливки в металлическую форму и в дальнейшем подвергались отпуску. Размер добавок выбирался, в зависимости от их влияния на структуру и свойства сплавов, в пределах от долей процента до одного и в ряде случаев — до нескольких процентов. При повышенном содержании присадок эффект модифицирования (размельчение структуры) сочетался с легирующим воздействием элементов. Влияние добавок исследовалось на сплаве с 20% вольфрама и 20% кобальта, а также на сплавах с частичной заменой вольфрама молибденом. В качестве добавок изучались элементы никель, марганец, хром, кремний, ванадий, титан, ниобий и углерод, вводимые по отдельности и комплексно. Никель, хром и углерод вводились вместе с шихтой, а остальные элементы — перед разливкой.

Добавки оказывают существенное влияние на микроструктуру, макроструктуру и структуру излома сплавов. Излом (рис. 1) вместо крупнозернистого, дендритного становится мелкозернистым, однородным, иногда фарфоровидным. Это обычно благоприятно сказывается на прочности и режущих свойствах сплавов. Однако в некоторых случаях, несмотря

на размельчение зерна в изломе, улучшение указанных свойств не наблюдается или оно незначительно. Объяснение этого не вызывает затруднений при появлении дефектов структуры излома, таких как, например, нафталинистость, но в других случаях причину следует искать в изменениях более тонкой структуры, в частности, в изменениях микроструктуры.

Исходная микроструктура (рис. 2) характеризуется извилистостью границ кристаллов, отражая связь ее с первичной дендритной структурой.

Анализ микроструктуры модифицированных сплавов позволяет в соответствии с классификацией [4] выделить два основных вида изменения структуры:

1. Образование мелкозернистой структуры с компактными зернами (рис. 2 б).

2. Получение тонковетвистой структуры дендритов (рис. 2 в). Имеет место и сочетание данных изменений в структуре.

На эти основные изменения в структуре могут накладываться изменения, обусловленные легирующим влиянием добавок. В ряде случаев междуостные пространства дендритов заполняются продуктами распада твердого раствора. В некоторых случаях появляется полиэдрическая структура, частично налагающаяся на дендритную или вытесняющая ее полностью, что обусловлено влиянием элемента на условия перекристаллизации сплава при охлаждении.

Влияние исследованных добавок на структуру таково — титан и ниобий в концентрации до 0,2% приводят к резкому уменьшению размеров первичных кристаллов. С повышением их концентрации возникают изрезанность пограничных участков и избыточные точечные выделения. Ванадий, в отличие от титана и ниобия, дает меньшее размельчение кристаллов и большую разветвленность структуры. Кремний приводит к уменьшению кристаллов и повышенному распаду твердого раствора, особенно периферических участков зерен. Марганец, в количестве 0,5%, приводит к размельчению кристаллов в концентрации 1% и более, резко измельчает ветви дендритов. Влияние никеля аналогично марганцу. Хром в концентрации 1% приводит к появлению полиэдрической структуры со следами распада твердого раствора по полю зерен.

Влияние углерода носит легирующий характер. При содержании углерода свыше 0,2% появляется эвтектика. В начале она не оказывает влияния на размеры и форму дендритов. Однако с повышением концентрации углерода дендриты меняют свою форму и уменьшаются по величине за счет увеличения количества эвтектики, распределяющейся в междуостных пространствах дендритов.

Склонность к разветвленности структуры часто наблюдается при комплексном введении элементов (рис. 2 в).

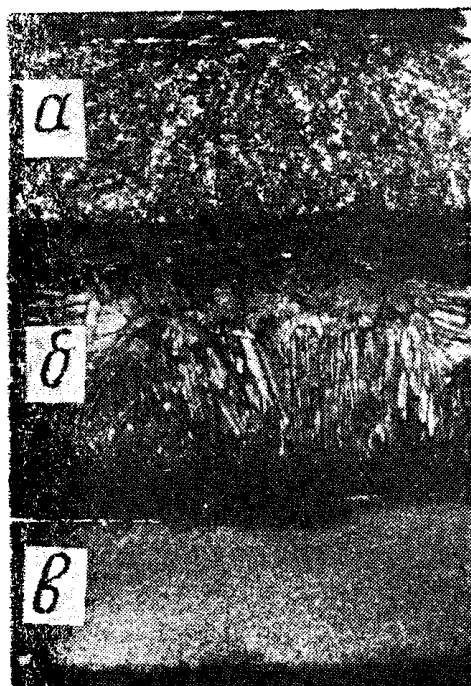


Рис. 1 Виды изломов сплавов с 20% Co, 20% W и присадками: а — исходный сплав (без присадок); б — 2% Si; в — 0,35% Ti; 1% Ni, 1,5% Mn, 0,3% Si, 0,15% C, $\times 2,5$.

Модифицирующее действие присадок может быть объяснено [4] увеличением числа центров кристаллизации и появлением модифицированной структуры первого типа или препятствием примесей развитию первичных кристаллов и появлением модифицированной структуры второго типа.

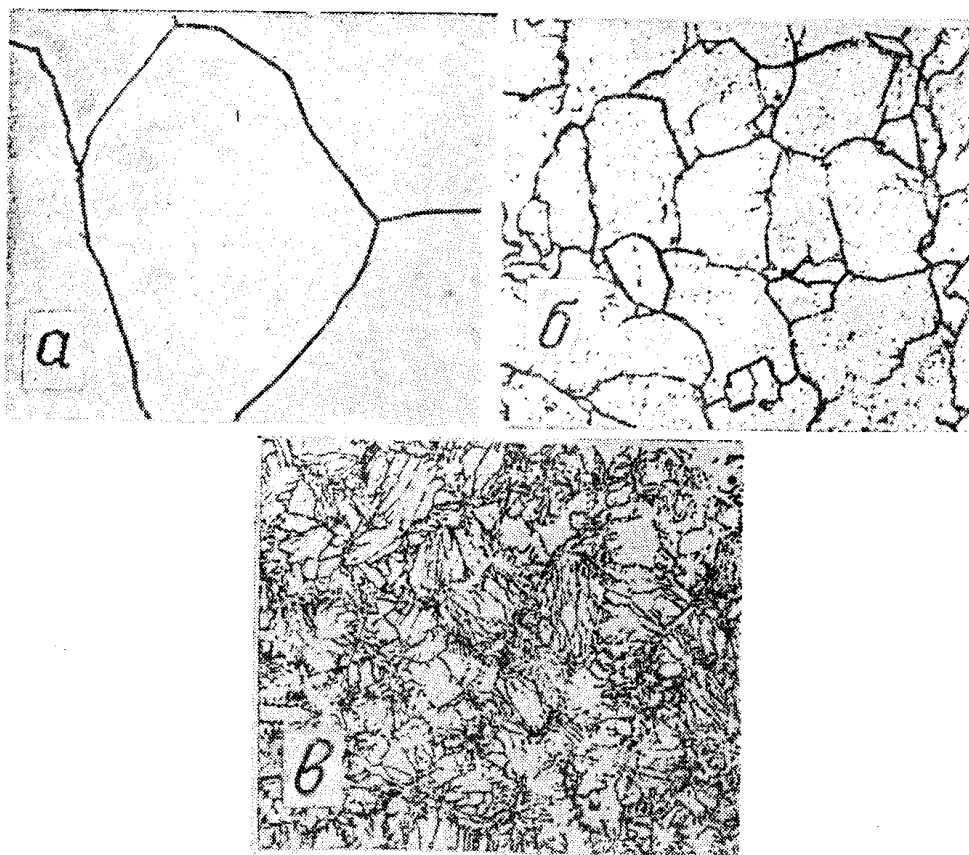


Рис. 2 Микроструктура сплавов с 20% Co, 20% W и присадками: а — исходный сплав (без присадок); б — 0,2% Ti; в — 0,2% Ti, 1% Mn, 1% Ni, 0,5% Si, 0,15% С. 3×135 .

Как показали исследования, в некоторых случаях одни и те же добавки в зависимости от их концентрации могут приводить к обоим видам модифицирования. Так, титан в концентрации 0,2% приводит к появлению мелких компактных зерен, а при более высокой концентрации в сочетании с другими элементами обуславливает появление разветвленной структуры.

Сопоставление свойств сплавов показывает, что наиболее благоприятным является модифицирование, приводящее к появлению размельченной структуры с компактной формой первичных кристаллов. Наличие изрезанных кристаллических образований, а также присутствие в них мелких выделений избыточных фаз приводит к ухудшению свойств сплавов.

Это ухудшение свойств может быть объяснено следующим образом. Изрезанность отдельных участков структуры приводит к резкой неоднородности свойств сплавов. Сам по себе процесс кристаллизации твердых растворов (какими являются дисперсионотвердеющие сплавы), особенно при быстром охлаждении (в соответствии с принятой в исследовании технологией), должен приводить к значительной внутри-

кристаллической ликвации. Это в свою очередь обуславливает неравномерность процесса распада в пределах отдельных зерен твердого раствора при отпуске. Кроме того, термодинамические условия твердения неодинаковы в ветвистых участках сплава с сильно разветвленной поверхностью кристаллов и в центральной неразветвленной части этих кристаллов. Наконец, в сильно изрезанных участках структуры прежде всего наблюдаются скопления избыточной фазы, что еще более усиливает неоднородность свойств сплавов.

Другим важным обстоятельством является опасность появления микроскопической пористости в участках изрезанной структуры сплава. В участках разветвленных дендритов появляются изолированные объемы жидкости, кристаллизация которых сопровождается появлением мелких усадочных пор. При протекании в металле в процессе кристаллизации реакций, сопровождающихся газообразованием, пористость усиливается. При кристаллизации под вакуумом размеры пор будут еще более увеличиваться.

Ряд сплавов, имеющих удовлетворительную прочность и высокую степень дисперсионного упрочнения, обнаруживал невысокую стойкость при резании. В структуре этих сплавов наблюдалась резко выраженная разветвленность кристаллов. Износ режущей кромки реза происходил неравномерно. Как показали металлографические исследования режущей части инструмента, в местах разветвления структуры возникают мелкие сколы режущей кромки.

Измерение твердости и микротвердости обнаруживает рыхлость в местах сильно изрезанной структуры в сплавах, разливавшихся под вакуумом. Рыхлость значительно меньше при разливке с уменьшенным и снятым вакуумом.

Выводы

1. Установлены виды модифицированных структур и связь их со свойствами и технологией получения исследуемых сплавов.
2. Модифицирование, приводящее к размельчению первичных зерен, имеющих компактную форму, способствует резкому повышению механических и режущих свойств сплавов.
3. Получение при модифицировании тонкоразветвленных дендритов отрицательно сказывается на свойствах сплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Д. Клементьев. Исследование литых дисперсионно-твердеющих режущих сплавов. Изв. вузов СССР, Черная металлургия, № 3, 77—83, 1959.
2. А. Д. Клементьев. Литые дисперсионно-твердеющие режущие сплавы. Современная конструкция режущих инструментов. Тр. инструментальщиков Западной Сибири, сб. 1. Изд. ЦИНТИАМ, М., 242—252, 1962.
3. А. Д. Клементьев. Вакуумная индукционная высокочастотная печь для экспериментальных плавов. Информационный листок № 16, Изд. Бюро техн. инф. Томского совнархоза, 1—4, 1960.
4. М. В. Мальцев. Модифицирование структуры металлов и сплавов. Изд. Металлургия, М., 27—36, 1964.