



Рис. 5. Зависимость сил резания от износа круга для различных материалов

Непрерывный контроль тангенциальной составляющей силы шлифования, например, через мощность привода, позволяет контролировать износ и назначать период стойкости алмазного круга для различных режимных параметров процесса, вида обработки, параметров круга и свойств обрабатываемого материала. Таким образом, возможна оптимизация процесса и уменьшение процента брака при чистовой обработке поверхностей из хрупких оптических материалов.

Литература.

1. Marinescu I.D., Hitchiner M., Uhlmann E., Rowe Brian W., Inasaki I. Handbook of Machining with grinding wheels. London: CRC Press, 2007. 596 p.
2. Шавва М.А. Грубый С.В. Анализ взаимосвязи износа круга и сил резания при алмазном шлифовании// Электронное научно-техническое издание Наука и образование. 2014. #11.
3. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки. М.: Машиностроение, 1981. 279 с.
4. Кузнецов, А.А. Определение силы резания, действующей на единичную режущую кромку изношенного абразивного зерна// Труды IV Всероссийского конф.-семинара «Научно-техническое творчество: проблемы и перспективы». Сызрань 22 мая 2009 г. – Самара: Издательство СТГУ. 2009.
5. Jackson M.J., Davim J.P. Machining with Abrasives. London: Springer, 2011. 419 p.
6. Fan X., Miller M. Force analysis for segmental grinding. Houghton: Michigan Technological University, 2004.
7. Николаева Е.А. Основы механики разрушения. Пермь: Издательство Пермского государственного технического университета, 2010. 103 с.
8. Калафатова, Л.П., Поезд С.А. Влияние состава смазочно-охлаждающих технологических сред на тепловые и силовые характеристики процесса шлифования ситаллов// Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: Машиностроение и машиноведение, 2008. С. 30–39.
9. Tonnellier X., Morantz P., Shore P., Baldwin A., Evans R., Walker D. Subsurface damage in precision ground ULE and Zerodur surfaces. 2007. Optics Express, Vol. 15, Issue 19.

АНАЛИЗ КОМПЛЕКСНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ СТАЛИ

С.Н. Федосеев, асп., А.А. Некрасова, ст. гр. 10В10

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: fedoseevsn@list.ru*

В современной металлургии большинство сталей раскисляют алюминием, который служит действенным модификатором структуры, обеспечивающим получение более плотной стали с заданным мелким зерном и хорошими показателями пластичности и вязкости. Но образующиеся остроугольные включения - продукты раскисления алюминием, как концентраторы напряжений и очаги разрушения металла, особенно опасны в условиях охрупчивания стали при низких температурах и

больших нагрузках. Присутствие этих включений отрицательно сказывается на свойствах жидкого и твёрдого металла, и из-за этого было введёно ограничение на применение алюминия для раскисления сталей ответственного назначения. Отметим, что обработка стали, раскисленной алюминием, кальцийсодержащим реагентом позволяет устранить эти нежелательные эффекты.

Применение для обработки металла раскислителей, модификаторов одинарных композиций (типа силикокальция), содержащих, как правило, один сильный раскислитель, исчерпало свои возможности. Это связано, во-первых, с ограниченными возможностями удаления НВ, образующихся в жидком металле при введении этих реагентов или в кристаллизующемся слитке (заготовке), а, во-вторых, с несовершенством самих методов присадки высокоактивных элементов в жидкий стальной расплав.

В настоящее время многие заводы и комбинаты оборудованы различного типа “ковшами-печами”, установками вакуумирования, устройствами для введения легкоокисляющихся добавок (кальция, редкоземельных металлов, титана и т.п.) в сталеразливочный ковш путём вдувания струёй инертного газа или введения порошковой проволоки. При этом удаётся достаточно полно перевести остроугольные продукты раскисления алюминием и легкоплавкие сульфиды марганца, располагающиеся в виде строчек вдоль направления прокатки, в глобулярные оксисульфиды. Проведение этого технологического приёма позволяет значительно снизить отрицательное действие вредных примесей и получать металл с более высокими техническими показателями.

Но и методу модифицирования металла порошковой проволокой, -этому, несомненно, прогрессивному способу введения легкоокисляющихся реагентов, присущ ряд недостатков. Трудно решается проблема зарастания сталеразливочного канала отложениями алюминатов кальция, для предупреждения образования которых необходимо строгое соблюдение соотношения концентраций, кальция, алюминия и активных примесей стали – кислорода, серы. Значительное снижение последних в металле требует определённых экономических затрат, связанных с проведением вакуумирования металла (цель которого также и удаление водорода), глубокой десульфурации расплава (до 10–30 ppm S).

Одним из нежелательных факторов является вторичное окисление стали. С одной стороны поступление кислорода в расплав может вызвать укрупнение НВ, что ведёт к росту скорости их удаления из расплава. С другой стороны кислород вторичного окисления, сорбируясь на активных центрах НВ, пассивирует эти выделения и они становятся не способными взаимодействовать с серой в ходе затвердевания металла.

Как правило, получаемые результаты по модифицированию химически активными элементами и их сплавами не стабильны и успех обработки стали каждой конкретной марки стали не поддаётся надёжному прогнозированию. Это происходит потому, что взаимодействие стали с легкоокисляющимися элементами представляет собой сложный многозвенный процесс, состоящий из десульфурации, раскисления, проявления поверхностных эффектов на границе раздела фаз, изменения физических свойств НВ. Механизм этого процесса не имеет достаточного научного объяснения. Кроме того, при длительной разливке (около 1 часа) в результате взаимодействия легкоокисляющихся присадок с футеровкой ковша и понижения их содержания в стали теряется модифицирующий эффект обработки, так как время, за которое происходит его потеря в зависимости от конкретных условий составляет не более 4–25 мин.

После рафинирования и доводки металла в ковше до окончания разливки плавки на непрерывные заготовки или слитки проходит до 2-х часов. При снижении температуры металла образуются новые НВ, происходит ликвация примесей расплава. После обработки металла модификатором большая часть первичных алюминатов кальция удаляется из расплава, тем самым значительно уменьшая количество центров сорбции серы при кристаллизации. Необходимо сокращать время между раскислением и модифицированием, либо принимать меры по защите металла от вторичного окисления. Иначе модифицирующий и микролегирующий эффект обработки металла химически активными реагентами нивелируется.

Зарубежной и отечественной практикой накоплен большой опыт применения высокоактивных лигатур для модифицирования стального и чугунного литья, а также высоколегированной стали, получаемых в электропечах малой ёмкости. Во избежание потерь легкоокисляющихся элементов обработку ими металла необходимо проводить как можно ближе к моменту затвердевания жидкого расплава, вплоть до помещения модифицирующих добавок в литейные формы.

Таким образом, перенесение операции обработки металла легкоокисляющимися компонентами стали из ковша на разливку (с подачей модификатора при непрерывной разливке – в промежуточный ковш, а лучше всего в кристаллизатор; при разливке на слитки – на струю стали, вытекающую

из сталеразливочного ковша в центровую) может повысить эффективность их воздействия на металл. Более высокие результаты присадки “полезных” добавок могут быть получены при максимальном приближении времени присадки к моменту начала затвердевания расплава.

Важной особенностью процесса модифицирования, проводимого непосредственно перед затвердеванием металла, является более глубокое влияние модификатора на качество готовой продукции. Это влияние, как правило, не ограничивается его действием на первичную структуру и свойства литого металла, но распространяется и на структуру, свойства и особенности фазовых превращений деформируемого и термически обработанного материала (изделия).

При введении добавок непосредственно перед затвердеванием в расплав минимально перегретый над температурой ликвидуса, дополнительно реализуется механизм инокулирования как за счёт ввода готовых (частиц железа в составе модификаторов) так и получения искусственных (оксидов, нитридов, карбонитридов) подложек, действующих в качестве зародышей в кристаллизующемся расплаве. При этом реагенты работают в металле не только как модификаторы НВ, но и как микролегирующие элементы, способные взаимодействовать с вредными примесями (водородом, цветными элементами), а также в ходе его термической обработки. В полной мере положительное влияние активной добавки реализуется той её частью (“эффективной”), которая будет находиться в твёрдом растворе в так называемом “чистом”, не окисленном состоянии, остающейся в металле после неизбежных потерь при вводе в жидкий металл. Именно с помощью этой части можно осуществить более глубокое воздействие на микроструктуру металла, чистоту границ зёрен, реализовать возможность образования соединений с цветными примесями, водородом и т.п.

Таким образом, условия затвердевания играют существенную роль в процессах захватывания, роста, агломерации и вторичного осаждения включений. Лишь наличие в кристаллизующемся растворе и уже затвердевшем металле свободного, не окисленного кальция (а также редкоземельных металлов и других растворяющихся в расплаве модификаторов) позволяет сформировать оксисульфидные включения в одном генезисе, исключить возможность образования продуктов раскисления, располагающихся в строчки, снижающих качество металла.

Присадка реагентов в виде неодинарных, комплексных сплавов также расширяет возможности этого метода. Использование для обработки стали многокомпонентных комплексных сплавов, содержащих не только широко используемый в настоящее время в практике производства стали кальций (в виде силикокальция), но и магний, барий, редкоземельные металлы, способствует повышению усвоения легкоокисляющихся элементов, сохранению в затвердевающем металле более высоких их концентраций, приводит к получению более высоких эффектов при обработке металла.

Применение, например, комбинации Са+Ва позволяет улучшать поверхность проката, комплекс Са + РЗМ - нейтрализовать вредные примеси (серу, водород, цветные металлы). Совместное модифицирование ЩЗМ и РЗМ может улучшить свойства металла в большей степени, чем каждая из добавок в отдельности. Оксиды и сульфиды РЗМ тугоплавки, мелкодисперсны и трудно коагулируют. Скорость их всплывания невелика, поэтому для ускорения удаления из металла НВ при обработке РЗМ целесообразно вводить дополнительный элемент, тоже обладающий большим сродством к кислороду и сере, который участвовал бы вместе с РЗМ в формировании комплексных включений с более низкой температурой плавления и большей склонностью к коагуляции. Таким свойством обладает кальций.

Модифицирование сталей лигатурами, содержащими ЩЗМ и РЗМ, во многих случаях можно рассматривать как альтернативу процессам рафинирования т.к. глубокая очистка стали от вредных примесей не всегда возможна, а модифицирование обеспечивает их существенную нейтрализацию.

Соединение положительных факторов (стабильное получение от плавки к плавке концентраций активных растворимых примесей в металле, достаточных для проведения не только модифицирования НВ, но и микролегирования закристаллизовавшегося металла. Регулирование условий кристаллизации за счёт устойчивого инокулирования кристаллизующего расплава) возможно при осуществлении введения комплекса активных растворимых и нерастворимых примесей в металл около температуры ликвидуса. Такие условия возникают лишь при обработке металла сложными, многокомпонентными реагентами в ходе его разлива. В этом случае минимизируются процессы, отрицательно влияющие на результаты обработки жидкого расплава, связанные с окислением добавок из-за длительности контакта прошедшего модифицирование металла с окислительными фазами.

Модифицирование металла - радикальный метод для улучшения качества стали. Обработка металла модификатором на разливе может использоваться в дополнение к внепечной обработке жидкого расплава в ковше или в виде самостоятельной технологической операции, применяемой в ходе разлива стали. Кумулятивное действие химического и физического факторов позволяет добиваться стабильных результатов по усвоению легкоокисляющихся добавок, по конечным показателям,

характеризующим качество металла. Особенно высока эффективность модифицирования на сталях, где скопления неметаллических включений сульфидного и оксидного происхождения (после деформации слитков располагающиеся в виде строчек) определяют эксплуатационные и потребительские свойства металлопродукции. После проведения обработки стали модификатором загрязнённость металла по самым “опасным”, строчечным оксидным включениям оценивается баллом 0-0,5 (редко 1,0 балла).

Роль модифицирования, микролегирования и инокулирования, выбор метода и места присадки реагента должна уточняться при конкретном производстве стали различного назначения. Изучение вопроса по выбору технологии присадки модифицирующих, легирующих добавок и устройств для осуществления этой операции показало, что приемлемым вариантом эффективным и в тоже время простого, не требующего значительных материальных затрат метода обработки металла является способ присадки добавок в струю стали с помощью аппарата-дозатора, навешиваемого на ковш и управляемого в ходе разлива стали вручную. При непрерывной разливке лучшие результаты даёт приём присадки добавок в кристаллизатор.

В настоящее время созданы предпосылки для широкого развития методов модифицирования металла в ходе разлива: техническая документация на аппаратуру (дозаторы), позволяющие вводить в металл точно дозируемое количество реагента, позволяющие обеспечить потребности как в мелко-измельчённых комплексных фракционированных материалах, так и порошковой проволоки с наполнителями любого состава. Обработка металла модификаторами и легирующими элементами в процессе разлива не требует сложного оборудования и может быть легко реализована в любом сталеплавильном цехе.

Литература.

1. Гизатулин Р.А., Дмитриенко В.И. Внепечные и ковшовые процессы обработки стали. Новокузнецк. 2006. 181 с.
2. Шуб Л.Г. Рекомендации по модифицированию стали // Сб. докладов Литейного консилиума №2 «Теория и практика металлургических процессов при производстве отливок из чёрных сплавов» – Челябинск: Челябинский Дом печати, 2007 – с. 120.
3. Неймарк В.Е. Модифицированный стальной слиток // М.: Металлургия, 1977 – с. 200.
4. Задиранов А.Н., Кац А.М.. Теоретические основы кристаллизации металлов и сплавов // Издательство Российского Университета дружбы народов – с. 228.
5. Крещановский Н.С., Сидоренко М.Ф. Модифицирование стали // М.: Металлургия, 1970 – с. 296.
6. Носов Ю.Н., Гизатулин Р.А. Комплексная обработка стали алюминием и кальцием на выпуске из дуговой печи. // Электрометаллургия. 1999. № 4. с. 33-34.
7. Поволоцкий Д.Я. Концентрационные условия зарождения продуктов раскисления алюминия, титана, кремния в жидком железе. \ Д.Я. Поволоцкий, В.Е. Рошин, А.Д. Дрозин, Ю.В. Сорокин \ Изв. АН СССР. Металлы. 1977, № 2.
8. Коваленко С.В. Влияние металлического кальция и бария на дендритную структуру и неметаллические включения стали 20Л. \ С.В. Коваленко, В.И. Кучкин, В.С. Коваленко \ Изв. вузов ЧМ. 1990, № 12.
9. Бессонов В.Б. Влияние редкоземельных элементов на кристаллизацию стали. \ В.Б. Бессонов, Б.А. Буклан, В.А. Ефимов и др. \ Сб. Проблемы сталеного слитка, М. 1976.
10. Сучков А.Н. Роль неметаллических включений в процессах кристаллизации стали. \ А.Н. Сучков, А.В. Морев. \ Сб. Неметаллические включения и газы в литейных сплавах. Запорожье, 1979.
11. Боженко Ю.Е. Использование порошковой проволоки для микролегирования и модифицирования стали. \ Ю.Е. Боженко, С.П. Коршиков, И.П. Потапов, Н.В. Посемин \ Сталь, 2000, № 7.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОСЛОЙНОГО СИНТЕЗА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ШНЕКОВЫХ ЗАГОТОВОК

В.В. Васылькив, к.т.н., доц.

Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя,

46001, Украина, г. Тернополь, ул. Руська, 56, тел. 8 (0352) 25-74-54

E-mail: VasylykivV@rambler.ru

В современном машиностроении широко используют детали типа шнеков в качестве: рабочих органов винтовых смесителей, измельчителей, грануляторов, питателей, сепараторов, шнековых транспортеров и винтовых спусков в строительной, пищевой, перерабатывающей промышленности и сельскохозяйственном машиностроении; ребристых труб и винтовых элементов теплообменных аппаратов и систем воздушного охлаждения в нефтехимической, газовой, энергетической промышленности; винтовых свай, анкеров и буров в строительстве и других отраслях.