

языковой системы, а также оптимизирующие процесс перехода от одного состояния языка к другому, более успешному и в наибольшей степени удовлетворяющему потребности общества. Все эти процессы определяются сложным соотношением индивидуальной языковой активности носителей языка в рамках существующего коллективного представления о языке. И, исследуя механизмы развития языка, нельзя отдавать предпочтение ни детерминистическому, ни стохастическому представлению о языке, недооценивая ни индивидуальное, ни коллективное мышление.

Библиографические ссылки

1. *Некипелова И. М.* Синтез и анализ: способы мышления и механизмы познавательной языковой активности // Филологические науки. Теория и практика. – 2013. – № 5(23) : в 2 ч. – Ч. II. – С. 158–160.
2. *Некипелова И. М.* Экстраполяция как лингвофилософская категория и способ формирования языковой картины мира // Вестник ЮУрГУ. – 2012. – № 2(261). – Вып. 14. – С. 66–72.

I. M. Nekipelova, PhD in Philology, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Mechanisms of Language System Organization and Disorganization

The article is devoted to research of language system organization and disorganization processes. Development of language is made conditional on change of statuses, activated by action of regular (well-formed) and stochastic processes in a language. Determinism and indeterminism in development and functioning of a language relate with contradictoriness of human thinking and correlation between multitude of individual conceptions about language and universal conception of collective thinking.

Keywords: language organization, language disorganization, individual and collective thinking, anthropological crisis, language activity, mechanisms of language development.

Получено 10.12.2013

УДК 621.74:669

В. Л. Тимофеев, доктор технических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

А. В. Погребовский, магистрант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ГЛАВНЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЫЛКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПЕРЕХОДА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ В ТВЕРДОЕ СОСТОЯНИЕ

На основе системных представлений предложена схема структурных уровней при изучении дендритной кристаллизации металлических расплавов.

Ключевые слова: структурные уровни материи, процессы кристаллизации и затвердевания, схема процесса изучения дендритной кристаллизации.

Сейчас в науке широко пользуются представлением о структурных уровнях материи (одной из наиболее глубоких и плодотворных идей системных исследований), конкретизирующих формы движения и виды материи [1]. Под структурным (системно-структурным) уровнем материи многими философами и естественниками понимается такая совокупность материальных образований, в пределах которой они объединяются господствующим типом связей и взаимодействий [2]. Критерием для выделения различных структурных уровней служат следующие признаки: пространственно-временные масштабы, совокупность важнейших свойств и законов изменения, степень относительной сложности и др. Конкретная методика системного анализа обычно разрабатывается не с охватом всего процесса познания рассматриваемой системы, а для исследования на одном из ее уровней. Для того что-

бы не возникло терминологических и иных разногласий между исследователями, нужно четко оговорить, о каком именно структурном уровне идет речь при решении конкретной исследовательской задачи.

Физический объект (материальное образование, тело, вещество, физическое поле, реальная система) может иметь несколько уровней абстрагирования (уровней рассмотрения), на которых проводится его изучение. На каждом из них для конкретной задачи существуют свои объект и предмет научного исследования, что неразрывно связано с представлением об иерархичности современного научного познания. Объект исследования во всей его конкретности неисчерпаем, а предмет исследования – неизбежно ограничен, при этом «предметный срез» объекта, на основе которого суммируется и развивается человеческое знание о мире, определяется потребностями и возможностями практики [1]. Предметный срез

часто представляет собой свойство (качество) изучаемого фрагмента действительности. На каждом структурном уровне физического объекта существуют характерные особенности, законы, принципы, с помощью которых рассматривается поведение физического объекта на этом уровне [3]. На данное обстоятельство следует обратить особое внимание, поскольку в большом количестве случаев закономерности одного уровня неприемлемы для другого. На каждом уровне существуют как теоретические, так и экспериментальные методы исследования. Несмотря на то, что в исследовательском процессе исходят из отношения между объектами, предмет измерения составляют свойства, а не сами объекты [4].

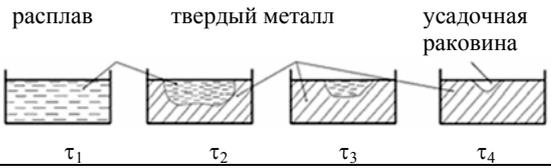
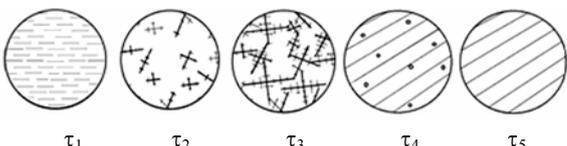
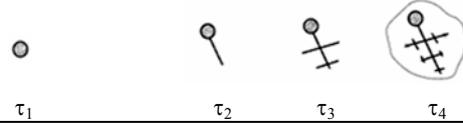
В области металлических материалов сделано предположение [5], что в ближайшем обозримом будущем в арсенале исследователей будут использоваться шесть основных структурных уровней:

- макроскопический (система);
- субмакроскопический (макроскопическая подсистема);

- микроскопический (кристалл, зерно);
- субмикроскопический (блоки мозаики в зернах металлов, участки границ зерен, ликвационные области в пределах зерна и др.);
- молекулярный (флуктуации в металлической жидкости, зародышеобразование кристаллов, крупные несовершенства кристаллической решетки и др.);
- атомарный (рассмотрение отдельных атомов и их небольших групп, мелкие несовершенства кристаллической решетки и др.).

При изучении перехода металлических расплавов в твердое состояние основополагающими терминами-понятиями служат «кристаллизация» и «затвердевание». Металлические расплавы и переход их в твердое состояние являются объектом изучения целого ряда дисциплин металлургического цикла. Сейчас рассмотрение этих процессов ведется главным образом на четырех из вышеуказанных шести уровней (см. табл.) [6, 7].

Структурные уровни металлической системы при изучении процесса реальной дендритной кристаллизации

Наименование структурного уровня металлической системы	Объект исследования	Предмет исследования
Макроскопический	<u>Затвердевающая металлическая система</u> расплав твердый металл усадочная раковина  τ_1 τ_2 τ_3 τ_4	Процесс <u>затвердевания</u> металлической системы в целом
Субмакроскопический	<u>Элементарный объем системы (э.о.с)</u>  τ_1 τ_2 τ_3 τ_4 τ_5	Процесс <u>затвердевания</u> элементарного объема системы, однородного в тепловом отношении в каждый момент времени
Микроскопический	<u>Гетерогенный зародыш кристалла</u> <u>Кристалл (дендрит)</u>  τ_1 τ_2 τ_3 τ_4	Процесс первичной <u>кристаллизации</u> металлического расплава
Молекулярный	<u>Фазовая флуктуация</u> <u>Гомогенный зародыш кристалла</u>  τ_1 τ_2	Самопроизвольный процесс зародышеобразования кристалла (<u>кристаллизация</u>)
<i>Примечание:</i> τ – время, $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3 < \tau_4 < \tau_5$; субмакроуровень: τ_1 – жидкое состояние, τ_2 – жидко-твердое состояние, τ_3 – твердо-жидкое состояние; τ_4 – твердая матрица с изолированными микрообъемами жидкости, τ_5 – твердое состояние.		

Нередко термины «кристаллизация» и «затвердевание» применяются в равной степени как к процессу перехода жидкого металла в твердое состояние (изменение агрегатного состояния), так и к процессу образования отливки из расплава, залитого в литейную форму. Многолетние исследования показали,

что при глубоком рассмотрении процесс затвердевания более сложен, чем процесс кристаллизации, и включает в себя дополнительно другие физико-химические явления, влияющие на возникновение макроскопических и микроскопических дефектов в металле [8, 9, 10, 11, 12 и др.]. Поэтому на данный

момент целесообразно употреблять термин «кристаллизация» применительно к металлу или сплаву, а термин «затвердевание» – к отливке, слитку и вообще литой заготовке [8, 11, 13, 14]. Полезно также использовать термины «переходное состояние» и «переходный процесс», в которые имеется возможность вкладывать смысл понятий как процесса кристаллизации, так и затвердевания. Сейчас в ряде случаев это делается. В связи со сказанным определенным интерес представляет следующая классификация, касающаяся процесса перехода металлического расплава в твердое состояние [6, 7]:

- 1) теории и экспериментальные методы по изучению макроscopicого уровня;
- 2) теории и экспериментальные методы по изучению субмакроscopicого уровня;
- 3) теории и экспериментальные методы по изучению микроscopicого уровня;
- 4) теории и экспериментальные методы по изучению молекулярного уровня.

В 1964 году Б. Чалмерс сформулировал перечень уровней, на которых проводилось изучение процесса перехода металлических расплавов в твердое состояние [10]. Им было зафиксировано три уровня: атомарный (атомарные процессы зародышеобразования и роста кристаллов), микроscopicый (рост отдельных кристаллов) и макроscopicый (формирование отливок и слитков или рассмотрение металлической системы в целом). В 1982 году В. Л. Тимофеевым было предложено рассматривать четвертый уровень – субмакроscopicый (субмакроуровень), когда в качестве объекта исследования принята подсистема затвердевающей отливки, имеющая в любой момент охлаждения однородное тепловое поле [6]. Представление о том, что реальная затвердевающая система состоит из большого количества небольших областей, однородных в тепловом отношении, используется исследователями давно [8, 15]. Однако трудности анализа получаемых термическим методом экспериментальных кривых охлаждения на предмет выявления на них неравновесного температурного интервала кристаллизации не позволяли логически обоснованно ввести понятие о субмакроуровне. Введение такого представления позволило выделить в самостоятельную проблему вопрос об изучении процесса кристаллизации элементарного объема системы вокруг рабочего спая термопары. А экспериментальным подтверждением целесообразности этого явилась разработанная методика комплексного термического анализа с получением синхронной локальной кривой электрической характеристики (КТАлэ), по которой имеется возможность оценивать во времени выделение твердой фазы из жидкости в непосредственной близости от рабочего спая термопары. В этом случае анализ переходного процесса будет наиболее строгим с учетом структурного, энергетического и временного аспектов и пространственной физико-геометрической интерпретации предмета исследования [5].

В таблице показаны четыре структурных уровня при изучении реальной дендритной кристаллизации,

и на каждом уровне обозначен объект и предмет исследования. На молекулярном и микроscopicом уровнях предмет исследования – процесс кристаллизации металла (сплава).

На субмакроscopicом и макроscopicом уровнях предмет исследования – процесс затвердевания, соответственно, элементарного объема системы (э.о.с) и металлической системы в целом. При этом на субмакроscopicом уровне речь идет об объемном затвердевании, а на макроscopicом уровне – о последовательном. Одной из основных качественно-количественных характеристик предмета исследования на этих уровнях является «процент твердой фазы», выделяющейся из жидкости в процессе охлаждения. Чтобы была связь с практикой применения диаграмм состояния сплавов, эти процессы, соответственно, также называют объемной и последовательной кристаллизацией. На макроscopicом уровне дополнительно широко используются качественные характеристики процесса затвердевания (получают с использованием методов металлографии), называя их кристаллическими зонами (мелкозернистая зона, зона столбчатых кристаллов и др.).

Кристаллизация может проходить при постоянной и переменной температурах. В таком случае она получила название изотермической и неизотермической кристаллизации. Это зависит от вида сплава и условий охлаждения. Процесс кристаллизации может быть равновесным (идеализированным, квазиравновесным) и неравновесным (реальным). Как известно, равновесный процесс использует представление только об объемной кристаллизации (изотермической или неизотермической). Процесс кристаллизации также может быть процессом направленной кристаллизации, который позволяет получать отливки (в частности, лопатки газовых турбин и др.) со столбчатой, монокристаллической и композиционной структурами. В зависимости от вида сплава рассматривают дендритную, эвтектическую и другие виды кристаллизации. В металловедении для описания процесса изменения агрегатного состояния используется только термин «кристаллизация», а также применяется правило рычага для оценки по диаграмме состояния выпадения твердой фазы из жидкости. Термин «затвердевание» не используется. В металлургии же реальные отливки, слитки, сварные швы переходят в твердое состояние при непрерывном естественном охлаждении и наличии различных примесей в расплаве. Здесь такой переход называют затвердеванием (формирование литой заготовки).

В таблице речь идет о дендритной кристаллизации, свойственной многим деформируемым и литейным металлическим сплавам. Интересен вопрос о взаимосвязи субмакроуровня и макроуровня. Субмакроуровень рассматривает только объемную кристаллизацию, которая сопровождается выделением твердой фазы во времени из жидкости согласно S-образной кривой, построенной в координатах «время – количество твердой фазы». Для такого представления необходимо, чтобы рассматриваемая

часть металлической системы была однородна в тепловом отношении. Здесь важен вопрос о размерах этой части системы. Если в поле зрения находится элемент расплава вокруг рабочего спая термопары, то не возникает трудностей, чтобы оперировать понятием «объемная кристаллизация». Все усложняется, когда представления об объемной кристаллизации переносят на всю реальную систему в целом. Поскольку последняя не имеет тепловой однородности, процессы кристаллизации и затвердевания в ее различных точках идут не по одинаковым вариантам, а по схемам, соответствующим тем или иным условиям. И все же при теоретических рассмотрении переходного процесса реальных отливок и слитков представление об объемной кристаллизации в ряде случаев используется, что, безусловно, отражается на качестве проводимого анализа. Такое допущение делается по причине недостаточного развития теоретических и экспериментальных методов изучения переходного процесса. Чем большая часть объема затвердевающей отливки (слитка) становится в тепловом отношении однородной, тем ближе наши представления к понятию «объемная кристаллизация». В том случае, когда весь затвердевающий объем металла становится однородным в тепловом отношении, происходит совмещение субмакроуровня с макроуровнем и идущий процесс движется в сторону равновесного. Последний применяется для построения диаграмм состояния сплавов термическим методом с использованием чистых материалов и малых скоростей охлаждения.

Следует заметить, что переходный процесс на субмакроуровне условно можно называть и затвердеванием, и кристаллизацией. Это вызвано тем, что в области жидко-твердого состояния употребляется только термин «кристаллизация», поскольку растущие кристаллы разделены жидкостью (время τ_2). Когда же существует твердо-жидкое состояние (твердая матрица, внутри которой проходит фильтрация жидкости), переходный процесс имеет смысл называть затвердеванием (время τ_3). Следует упомянуть еще и о последней стадии процесса, когда затвердевают изолированные мелкие объемы жидкости, в результате чего возникает микропористость (время τ_4).

Предложенная в статье схема рассмотрения структурных уровней реальной системы при изучении процесса перехода расплавов в твердое состояние может оказаться полезной при изложении теоретических курсов для металлургических специальностей университетов.

Библиографические ссылки

1. Корюкин В. И. Концепции уровней в современном научном познании. – Свердловск : Изд-во УрО АН СССР, 1991. – 230 с.
2. Краткий философский словарь / под ред. А. П. Алексеева. – 2-е изд. – Изд-во ПБОЮЛ М. А. Захарова, 2001. – 496 с.
3. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М. : Мир, 1973. – 344 с.
4. Пфанцгаль И. Теория измерений ; пер. с англ. – М. : Мир, 1976. – 248 с.
5. Тимофеев В. Л. Структурно-энергетический анализ физических объектов: применение в металловедении и механике : монография. – 5-е изд., испр. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2012. – 368 с. – (Научная мысль).
6. Тимофеев В. Л. Совершенствование методов контроля процесса первичной кристаллизации промышленных сплавов / Ижевский механический институт. – 1982. – 78 с.
7. Тимофеев В. Л. Повышение эффективности технологического процесса стального литья по выплавляемым моделям. – Ижевск, 1993. – 270 с.
8. Гуляев Б. Б. Затвердевание и неоднородность стали. – М. : Металлургиздат, 1950. – 312 с.
9. Раддл Р. У. Затвердевание отливок. – М. : Машгиз, 1960. – 391 с.
10. Чалмерс Б. Теория затвердевания. – Металлургия, 1968. – 288 с.
11. Ефимов В. А. Разливка и кристаллизация стали. – М. : Металлургия, 1976. – 552 с.
12. Флемингс М. Процессы затвердения. – М. : Мир, 1977. – 423 с.
13. Пикунцов М. В. Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание отливок : учебник. – М. : МИСиС, 2005. – 416 с.
14. Шишляев В. Н. Кристаллизации и литейные свойства сплавов : учеб. пособие. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 260 с.
15. Баландин Г. Ф. Кинетика кристаллизации отливок // Технология литейного производства : тр. МВТУ им. Н. Э. Баумана. – Вып. 49 – М. : Машгиз, 1955. – С. 26–31.

V. L. Timofeev, DSc in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

A. V. Pogrebovsky, Master's Degree Student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Main Methodological Premises in the Study of Liquid Melt Transition to a Solid State

The paper presents the scheme of structural levels when studying the dendritical crystallization of metal melts based on system representations.

Keywords: structural levels of matter, crystallization and solidification processes, scheme of studying the dendritical crystallization.

Получено 24.04.2014