جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

تئوری های پارگی گرم:

انجماد آلیاژها همیشه در یک بازده دمایی به نام دامنه انجمادی رخ می دهد. کاهش دما، فاز جامد جوانه زده و در قالب دانه هایی (معمولاً به شکل دندریتی) رشد می کند و از یک نقطه معین دربازه دمایی، دانه ها ابتدا با حس کردن حضور دانه های مجاور وسپس با برخورد و تماس و پل زدن با آنها و در نهایت با شکل دهی یک اسکلت پیوسته از فاز جامد، با یکدیگر تداخل و فعل و انفعال می کنند. دمایی که در آن دانه ها شروع به تداخل با یکدیگر می کنند نقطه همدوی و پیوستگی[1] نام دارد و دمایی که در آن شبکه پیوسته جامد شکل می گیرد نقطه صلبیت[2] نام دارد. در زیر این نقطه صلبیت، حجم و بدنه نیمه جامد خصوصیات عمده فاز جامد- حفظ شکل و خواص مکانیکی مانند استحکام و انعطاف پذیری را به خود می گیرد.

بدیهی است که رفتار ترمومکانیکی بدنه نیمه جامد وابستگی زیادی به خواص مکانیکی آن دارد. از طرفی، خواص این بدنه (استحکام و انعطاف پذیری) قرار دارد و در طرف دیگرتنش ها و کرنش های اعمال شده به آن در هنگام فرآیند انجماد و ناشی شده از انقباضض انجمادی، فشار متالواستاتیک (فشار فلز مایع) ، انقباض حرارتی ممانعت شده و غیر آزاد، گرادیان حرارتی و غیره وجود دارند.

1-coherence point
2- Rigidity point

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

برخلاف فلزات خالص که در یک نقطه منجمد می شوند، آلیاژها به تدریج در یک بازه دمایی (وسیع) از مذاب تبدیل به جامد می شوند. در هنگام ریخته گری، زمان قابل ملاحظه ای هنگامی که آلیاژ مشتکل از هم جامد و هم مذاب است، وجود دارد.

ماده در این حالت نیمه جامد به دو دسته تقسیم می شود: دوغابی ها[3] و خمیری ها[4] . یک دوغاب، مایعی است به همراه ذرات جامد معلق. در بعضی دماها دانه های جامد شروع می کنند به تداخل با یکدیگر و در ماده یک استحکام معینی پدیدار می شود. در زیر این دما، ماده با عنوان خمیر نامیده می شود، یعنی شبکه جامد با مذاب در میان آن.

کسر جامد که در آن این تبدیل رخ می دهد، بسته به مورفولوژی ذرات جامد، بین 0.25 تا 0.6متغیر است. به علت تفاوت بسیار زیاد در رفتار مکانیکی این مورفولوژی های گوناگون، دوغاب ها معمولا با مدلهای بر پایه وسکوزته توصیف می شوند و خمیرها معمولاً با مدل های بر پایه تغییر شکل. مدل های بر پایه وسکوزیته از سمت مذاب شروع می شوند و برای در حساب آوردن و در نظر گرفتن اثر افزایش مقدار ذرات جامد اصلاح شده اند.

3-slurry
4- Mush

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

مدل های بر پایه تغییر شکل بر اساس مدل های کار گرم هستند که برای در حساب آوردن و در نظر گرفتن حضور مذاب اصلاح شده اند. تبدیل دوغاب به خمیر هنوز به عنوان یک مساله پیچیده برای مدل کردن است و یک مدل رضایت بخش که رفتار را در تمام بازه انجمادی توصیف کند هنوز در دست توسعه و گسترش است.

چیزی که هست این که کار ریخته گری آلیاژها با رخ دادن عیوب مختلف در محصول نهایی بسیار مانوس است. یکی از عیوب عمده پارگی گرم یا ترک گرم، یا سرخ شکنندگی است . صرفنظر از نامگذاری، این پدیده ، ثمره تشکیل یک ترک برگشت ناپذیر(شکست و عیب) در یک قطعه ریختگی است که هنوز در حالت نیمه جامد باشد. مطالعات اولیه و صنعتی این پدیده نشان مید هد که پارگی گرم در آخرین مراحل انجماد وقتی که کسر حجمی جامد بالای ٪۹۵ – ۸۵ است و فاز جامد از یک شبکه پیوسته دانه شکل گرفته است، رخ می دهد. همچنین معلوم شده است که یک ساختار دانه ظریف ریخته گری کنترل شده (بدون دمای بالا و گرادیان های تنشی) به حذف ترک گرم کمک می کنند. رابطه بین استعداد به ترک گرم و ترکیب یک آلیاژ به خوبی شناخته شده است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

رابطه بین ظهور پارگی های گرم و خواص مکانیکی در حالت نیمه جامد آشکار است. و این رابطه برای چندین دهه مورد بررسی و مکاشفه قرار گرفته است. با وجود این، بسط و توسعه تئوری ها، مدل ها و معیارهای جدید[1] برای پارگی گرم در علوم فلزات امروزی رو به ترقی و پیشرفت است. در هنگام ریخته گری پیوسته آلیاژهای آلومینیم، خنک کاری اولیه و ثانویه، گرادیان حرارتی شدیدی را در شمش ایجاد می کند که می تواند منجر به اعوجاج در شکل شمش و یا پارگی گرم و ترک سرد شود.

در مداوم ریزی، نام ناحیه خمیری[2] غلط انداز است، چنانکه قسمت بالایی آن عملاً یک دوغاب است زیرا که دانه های تازه شکل گرفته هنوز درون مذاب معلق هستند. تنها پس از آن که دما به زیر دمای همدوسی و پیوستگی افت پیدا کند یک ناحیه واقعاً خمیری شکل می گیرد. رفتار تغییر شکل خمیر برای تشکیل حفرات و پارگی های گرم بسیار بحرانی و خطرناک است.

از مطالعات انجام شده از آغاز سال ۱۹۵۰ تا کنون، به نظر می رسد که پارگی های گرم بالای دمای سولیدوس آغاز می شوند و در فیلم های مذاب بین دندریتی منتشر می شوند. این امرمنتج به یک سطح شکست ناهموار پوشیده شده

1-criteria
2-Mushy zone

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

با یک لایه صاف (نرم) و گاهی با پل های جامد[3] که دو طرف ترک را به هم وصل کرده یا می کنند، می شود.

در هنگام انجماد، جریان مذاب در سر تاسر ناحیه خمیری کاهش پیدا می کند تا وقتی که این جریان برای پر کردن حفرات تازه بوجود آورده ناکافی باشد، از این رو این حفرات می توانند بیشتر رشد کنند.

فرآیند انجماد را می توان بر حسب نفوذ پذیری شبکه جامد به چهار مرحله تقسیم بندی کرد:

۱- تغذیه توده ای: که در آن هر دو فاز جامد و مذاب برای حرکت آزاد هستند.

۲- تغذیه بین دندریتی: که در آن مذاب باقیمانده باید در میان شبکه دندریتی جریان یابد. پس از آنکه دندریتها یک اسکلت جامد را شکل دادند، مذاب باقیمانده باید در میان شبکه دندریتی جریان پیدا کند. ممکن است یک گرادیان فشار، سر تا سر ناحیه خمیری به علت انقباض انجمادی که به صورت عمیق تر در ناحیه خمیری رخ می دهد، بوجود آید.

هر چند در این مرحله نفوذ پذیری شبکه به اندازه کافی بزرگ هستند تا از تشکیل حفرات جلوگیری کند.

3-Solid Bridge

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

۳- جدایش بین دندریتی، که در آن شبکه مذاب، تکه تکه شده و ممکن است در این مرحله پارگی گرم یا تشکیل حفره رخ دهد. با افزایش کسر جامد، مذاب به شکل پاکتهایی ایزوله می شود یا به علت تنش سطحی بی تحرک می شود. وقتی که نفوذ پذیری شبکه جامد برای جریان و سیلان مذاب بیش از حد کوچک شود، انقباض حرارتی بیشتر جامد باعث تشکیل حفرات یا پارگی گرم خواهد شد.

٤- پل زنی بین دندریتی یا تغذیه جامد: که در آن شمش استحکام قابل ملاحظه ای پیدا کرده است و خزش حالت جامد، انقباض بیشتری را جبران و تلافی می کند. در مرحله پایانی انجماد $(F_s>0.9)$ ، تنها پاکتهای مذاب ایزوله شده باقی می مانند و شمش استحکام قابل ملاحظه ای را خواهد داشت. خزش حالت جامد، اکنون فقط می تواند انقباض انجمادی و تنش های حرارتی را جبران و خنثی کند.

از آنجائیکه در یک دوغاب و در هنگام مرحله تغذیه بین دندریتی در خمیر تغذیه معمولاً برای جلوگیری کردن از هر گونه عیب ریخته گری کافی است، ما در ادامه عمدتاً دو مرحله آخر را مورد بررسی قرار می دهیم. در اصل این مرحله جدایش بین دندریتی است که در آن شمش نسبت به تشکیل حفرات و پارگی گرم آسیب پذیر است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

یک آلیاژ با دامنه انجمادی بزرگ، پارگی گرم را ترقی می دهد، از آنجائیکه یک چنین آلیاژی زمان بیشتری را در ناحیه آسیب پذیری که در آن فیلم های مذاب نازک ما بین دندریتها وجود دارند، سپری می کنند. توزیع فیلم مذاب توسط زاویه دو سطحی Φ تعیین می شود. با یک زاویه دو سطحی کوچک، مذاب تمایل دارد که خودش را روی سطح مرز دانه ها پهن کند که این امر به شدت پیوستگی و کوهرنی دندریتی را کاهش می دهد. در یک زاویه دو سطحی بزرگ، مذاب به صورت قطراتی در نقاط سه گانه باقی می ماند، بطوریکه شبکه جامد استحکام خود را حفظ می کند.

به غیر از این فاکتورهای ذاتی، انقباض حرارتی، کرنش ها و تنش هایی را به شبکه جامد تحمیل می کنند، که برای پارگی گرم لازم هستند. این موضوع قبلاً نشان داده شده است که عمدتاً این کرنش و نرخ کرنش است که برای پارگی گرم بحرانی هستند. از آنجائیکه نیروهای موجود در هنگام انجماد در قیاس با تنش هایی که یک شبکه نیمه جامد می تواند تحمل کند، بسیار بزرگتر هستند، به نظر می رسد که تنش ها بحرانی نباشند تلاشهای زیادی وقف درک پدیده پارگی گرم شده اند.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

گردآوری مجموعه کارهای تحقیقاتی در این زمینه توسط نوسیکوف و زیگورث انجام شده است و ژنگ نیز علل محتمل پارگی گرم را مورد باز بینی قرار داده است. تعداد معدودی مکانیزم برای پارگی گرم، پیش از این در آثار منتشره، پیشنهاد و مطرح شده اند. بعضی از آنها بصورت مختصر در زیر شرح داده می شوند.

نویکوف و نوویک گزارش کرده اند که در نرخ کرنش های پایین، لغزش مرز دانه مکانیزم عمده و اصلی تغییر شکل یک بدنه نیمه جامد است. نیروی اعمال شده به بدنه نیمه جامد با یک جابجایی مرز دانه که توسط فیلم های مذاب احاطه کننده دانه روانکاری شده است، همراهی و مساعدت می شود.

پروخروف یک مدل را برای تغییر شکل بدنه نیمه جامد طرح کرد. اگر دو نیروی مماسی Z_1 , Z_2به یک بدنه نیمه جامد در حالت تعادل اعمال شوند، عکس العمل بدنه خودش را به صورت حرکت و جابجایی دانه آشکار می کند و در بعضی موارد دانه ها به یکدیگر رسیده و با هم برخورد می کنند. مذاب پوشاننده دانه به سمت نقطه کمترین فشار گردش می کند. تغییر شکل بیشتر مسیر خواهد بود اگر که تنش سطحی و مقاومت در برابر سیلان و جریان مذاب برای همراهی و مساعدت کردن تنش اعمالی کافی باشد. در غیراینصورت پارگی گرم یا یک

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

شکست بین دانه ای ترد رخ خواهد داد. راجع به این تئوری پروخروف موارد زیر را اصل قرار داد: (۱) افزایش ضخامت فیلم، کرنش شکست را افزایش می دهد. (۲) کاهش اندازه دانه، کرنش شکست را افزایش می دهد. (۳) هر گونه غیر یکنواختی اندازه دانه کرنش شکست را کاهش می دهد. بر اساس این تئوری مقیاس اصلی برای پارگی گرم، انعطاف پذیری بدنه نیمه جامد است. پارگی گرم وقتی رخ می دهد که کرنش بدنه از انعطاف پذیری آن فراتر رود.

تئوری شکنندگی وابسته به انقباض، دامنه انجمادی را به دو بخش تقسیم می کند. در بخش بالایی شبکه پیوسته و همدوس فاز جامد وجود ندارد. ترک ها یا عیوبی که در این مرحله رخ می دهند می توانند با جریان مذاب بهبود یابند. وقتی که جریان انجماد پیش رود و کسر جامد افزایش یابد، در یک مرحله معین یا یک کسر جامد معین یک شبکه پیوسته و همدوس شکل می گیرد. این مرحله به عنوان آغاز انقباض خطی در نظر گرفته می شود. پس از نقطه همدوسی و پیوستگی، تنش انقباضی بر بدنه نیمه جامد اعمال و تحمیل می شود. اگر تنش انقباضی بیشتر از تنش گسیختگی[1] شود آنگاه پارگی گرم یا شکست رخ خواهد داد.

پلینی تئوری پارگی گرمی را بر مبنای تجمع کرنش با مشخصات اصلی زیر پیشنهاد کرد: (۱)ترک خوردگی در یک ناحیه نقطه داغ رخ می دهد. (۲) پارگی گرم

1-Rupture Stress

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

یک پدیده کنترل شده با کرنش است که وقتی رخ می دهد که کرنش انباشته شده نقطه داغ به یک مقدار بحرانی معین برسد.و(۳) کرنش انباشته شده در نقطه داغ به نرخ کرنش و زمان مورد نیاز برای عبور یک نمونه از یک مرحله فیلم، بستگی دارد. مهمترین فاکتور پارگی گرم بر ااس این تئوری کرنش کل در ناحیه نقطه داغ وجود دارد. با در نظر گرفتن این که بیشترین کرنش در فیلم مذاب انباشته می شود، داد و متز و فلمینگ، افزایش پارگی گرم ناشی شده از جدایش یک جزء با نقطه ذوب پایین را از این نقطه نظر که این افزایش، زمان وجود فیلم مذاب را افزایش می دهد، تشریح و توصیف کردند. اگر چه پلنی به یک مقدار بحرانی باری کرنش انباشته شده اشاره می کند، مشخص نیست که آن انعطاف پذیری است یا چیز و ماهیت دیگر. تئوری پلینی اساسی برای معیار و ملاک طرح شده توسط کلاین و دیویس است.

بعضی از مولفین اظهار می کنند که این نه کرنش بلکه نرخ کرنش است که پارامتر بحرانی برای ترک خوردگی گرم است. تعبیر فیزیکی این رهیافت این است که نرخ کرنش در هنگام انجماد توسط نرخ کرنش مینیمم که در آن ماده خواهد شکست، محدود می شود.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

پروخروف اولین کسی است که معیار و ملاکی را بر مبنای این رهیافت پیشنهاد کرده است. به تازگی یک معیار و ملاک پارگی گرم بر مبنای نرخ کرنش توط راپاز طرح شده است.

در عین حال، رهیافت دیگر به پدیده پارگی گرم این پنداشت است که شکست در یک تنش بحرانی اتفاق می افتد. مذاب احاطه کننده دانه ها به عنوان راهگاه و محل تغذیه تنش بدنه نیمه جامد در نظر گرفته می شود در این تئوری، یک ترک پر شده با مذاب به عنوان آغاز و شروع ترک به حساب آورده می شود. انتشار آغاز کننده و شروع کننده ترک توسط تنش بحرانی تعیین می شود. تنش بحرانی اساساً با استفاده از رهیافت اصلاح شده موازنه انرژی گریفیث تعیین می شود. اصلاح و بهبود رهیافت گریفیث بخصوص، توجیه کردن و توضیح دادن اثر پلاستیسیته است، چنانکه توسط گیلمان و اوروان طرح شده است. رهیافت دیگر درون تئوری مکانیزم های شکست توسط زیگورث طرح شده است که امکان به کار گیری مفهوم تردی فلز مذاب را برای موضوع پارگی گرم در نظر آورده است.

همچنین گروهی از تئوری های پارگی گرم وجود دارند که تغذیه ممانعت شده و جلوگیری شده فاز جامد توسط مذاب را به عنوان دلیل اصلی پارگی گرم در نظر

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

می گیرند. نیاما و فیورر این رهیافت را برای استنتاج معیار و ملاک پارگی گرم به کار بردند. بر اساس این تئوری پارگی تا زمانیکه هیچ کمبود تغذیه شوندگی در هنگام انجماد وجود نداشته باشد، رخ نمی دهد. کلاین و دیویس توجه بیشتری را معطوف زمان سپری شده در حالت خمیری کردند. مرحله آخر انجماد به عنوان مستعدترین مرحله به پارگی گرم در نظر گرفته می شود. هر چند با کاهش بیشتر کسر مذاب پل زنی بین دندریت های مجاور به ثبوت رسیده است، بطوریکه از جدایش بین دندریتی جلوگیری می شود.

ضوابط و معیارهای گوناگونی برای پارگی گرم در دهه های گذشته بسط و گسترش یافته اند. فیورر، جریان سیال از میان یک شبکه متخلخل را برای محاسبه تغذیه پسین توسط فلز مذاب به کار برد. پارگی های گرم وقتی آغاز می شوند که این تغذیه پسین نتواند انقباض انجمادی را جبران کند. کلاین و دیویس یک ضریف حساسیت به ترک (CSC) را به صورت نسبت بین زمان t_v ، مدت زمانی که در آن آلیاژ مستعد پارگی گرم است و زمان t_R مدت زمانی که در آن و اهلش و آسودگی نسبت به تنش و تغذیه پسین می توانند رخ دهند، تعریف کردند.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

این زمانها به صورت دوره های زمانی تعریف شده اند که در آنها به ترتیب کسر مذاب بین 0.1 ، 0.01 و بین 0.1 و 0.6 است. این معیارها و ضوابط توسیط کاتگرمن با یک مدل سیلان حرارت که فرآیند ریخته گری پیوسته را توصیف و تشریح می کند، ترکیب شدند. این امر تعیین ضریب حساسیت به ترک را به عنوان تابعی از پارامترهای ریخته گری ممکن ساخت. متاسفانه معیارها و ضوابط فوق در کاربردشان محدود هتند زیرا که آنها تنها تعیین کیفی حساسیت به پارگی گرم را مهیا می کنند.

اولین مدل دو فازی، که هم جریان سیال و هم تغییر شکل شبکه جامد را به حساب آورد، معیار پارگی گرم راپاز- درزت – گریمود (RDG) است. معیار RDG بر اساس تغذیه پسین که توسط نفوذ پذیری ناحیه خمیری محدود شده است، فرمول بندی شده است. در جبهه انجماد نفوذ پذیری بالا است. اما در قسمت های عقبتر در ناحیه خمیری نفوذ پذیری محدود شده است. یک افت فشار در طول ناحیه خمیری وجود دارد که تابعی از این نفوذ پذیری و نرخ کرنش است.

اگر فشار موضعی کمتر از یک فشار بحرانی شود، یک حفره بوجود می آید. این مدل برای پیش بینی پارگی گرم در هنگام ریخته گری شمشال توسط درزت و

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

یک مدل ترمومکانیکی به اجرا درآمده است. مشخص شده است که حساسیت به پارگی گرم در هنگام شروع و راه اندازی ریخته گری و در مرکز بیلیت بیشتر است که این امر با جریان ریخته گری معمول و متداول سازگار است.

بسط و توسعه بیشتر معیار و ضابطه RDG توسط براچینی به انجام رسیده است. آنها تغییر شکل پلاستیک فاز جامد و یک معیار و ملاک برای رشد یک حفره را در این معیار داخل کردند و گنجاندند.

آنها مدل خود را بر دو مدل هندسی ساده شده پایه ریزی کردند، یکی برای ساختار دندریتی ستونی و دیگری برای یک ساختار دندریتی هم محور. روابطی صریح و روشن برای نرخ کرنش های بحرانی، بسط و گسترش یافته اند و آنها نشان دادند که نرخ کرنش بحرانی با افزایش کسر جامد، کاهش می یابد.

مطالعات زیادی آزمایش کشش در دمای نیمه جامدی را یا با عمل انجماد در جا و یا با گزارش مجدد نمونه از دمای اتاق، برای مطالعه پارگی گرم مورد استفاده قرار داده اند.

هر دو تکنیک منجر به نتایج کلی زیر شدند. در آلیاژها ی آلومینیوم گوناگون مشاهده شد که هم استحکام و هم انعطاف پذیری، از درست زیر دمای سولیدوس تا حالت نیمه جامد، در حالیکه سطح شکست از سطح زبر، وابسته به

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

رفتار انعطاف پذیر و نرم، به سطحی صاف و هموار، وابسته به حضور یک فیلم مذاب، تغییر می کند، به شدت کاهش می یابد. به علاوه، ترک ها در خلل و خرج ریز یا آخال های مذاب آغاز می شوند و در طول مرز دانه ها ادامه می یابند.