

پین هول در رنگ پودری اعمال شده روی قطعات دایکست آلومینیومی

مهندس زهرا دلیری، شرکت تولیدی صنعتی گرم ایران

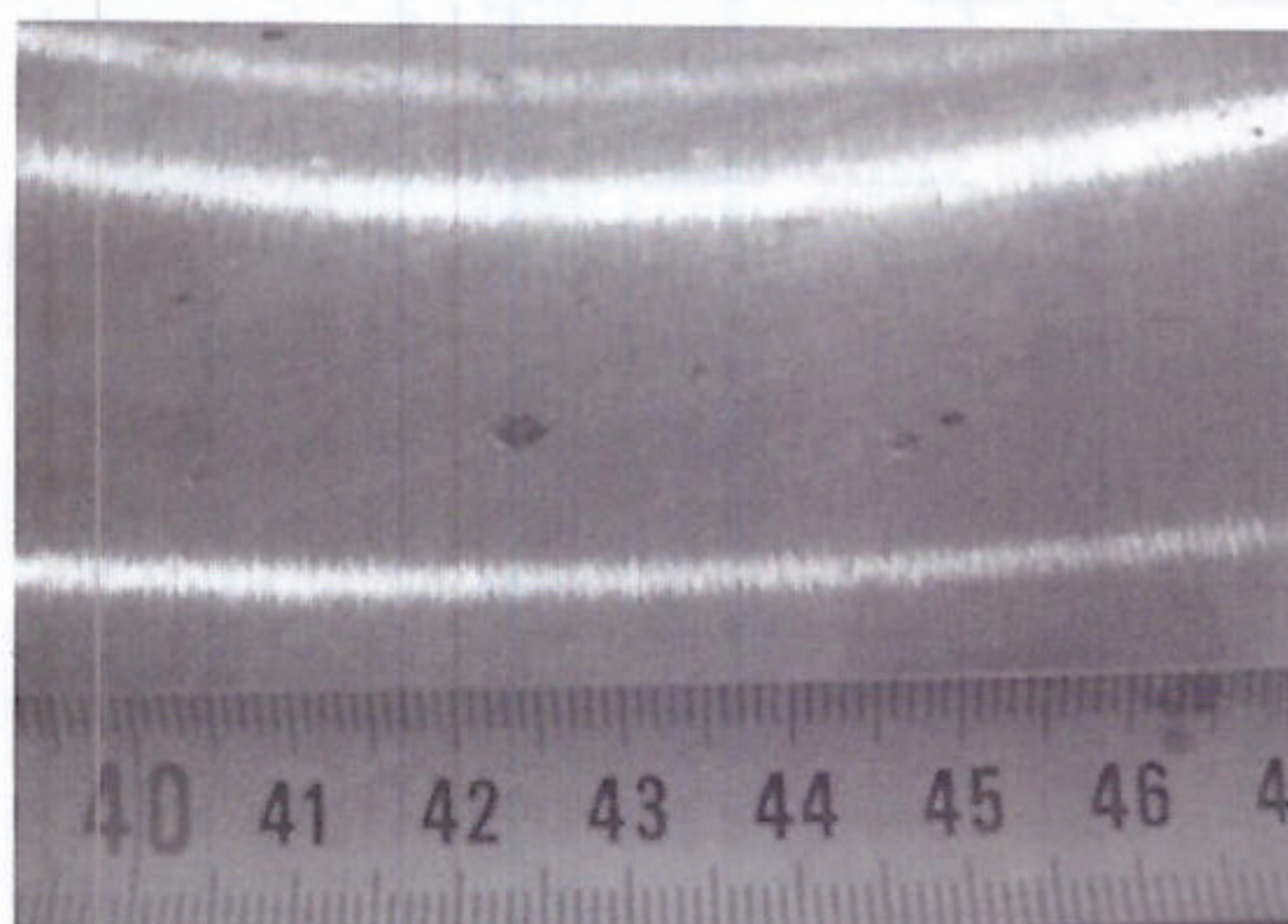


گرچه بیشتر رنگ ها و پوشش های پودری مقادیر بسیار اندک و یا هیچ نوع از ترکیبات فرار در جریان پخت خود آزاد نمی کنند، رطوبت، محصولات تجزیه شده و یا هوای حبس شده در بدنه زیر کار می تواند سبب بروز نواقص در حین پخت شود که به صورت پین هول ظاهر می شود. معمولا در فرمولاسیون پوشش پودری عوامل گاز زدا (de-gassing agents) را برای کمک به خروج این محصولات فرار در حین پخت اضافه می کنند. مقادیر بالای پین هول در لایه فیلم رنگ می تواند منجر به تغییر در جلا و ظاهر پوشش پودری و حتی مات شدن رنگ پر جلا گردد.

پین هول ها (Pin Holes) نواقص سطحی کوچک در لایه رنگ هستند و عموما به شکل سوراخ های خیلی ریز با ظاهری حفره مانند دیده می شوند (شکل ۱). از جمله دلایل عمده ایجاد این عیب می توان به سطح زیر کار و به لایه رنگ اعمال شده اشاره کرد. به عنوان نمونه، آزاد شدن هوای باقیمانده، رطوبت و محصولات یک واکنش، سبب می شود که لایه رنگ نتواند خودش را به خوبی به سطح چسبانده و خشک شود. عیب پین هول در پوشش پودری با وجود تخلل و یا گاز محبوس در بدنه قطعه دایکستی تشدید خواهد شد. به بیان دیگر، چنانچه سطح کار قطعه دایکستی، خصوصا قطعات آلومینیومی، دارای سوسه و یا هر گونه سوراخ حتی ریز باشد، پس از رنگ به صورت پین هول در پوشش نمایان خواهد شد.



شکل ۲- تخلخل گرد و ریز



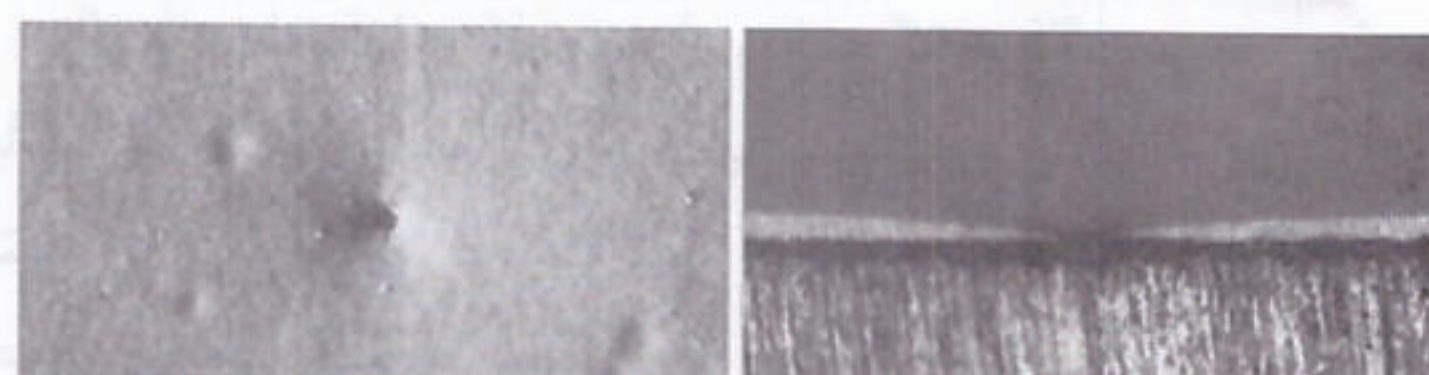
شکل ۳- تخلخل ریز، با بافتی گرد و نیمه گرد و خشن

- حبس هوا در حین پر شدن قالب: پر شدن قالب های دایکست معمولاً به صورت تلاطمی انجام شده و این تلاطم باعث حبس هوا در قالب می شود. همچنین گاز می تواند به صورت محلول در فلز مذاب حاضر باشد که سپس و با پیشرفت انجماد و کاهش حد حلالیت، به صورت یک حباب بروز پیدا کند.

- حبس گاز در محفظه سیلندر تزریق: این حالت در اثر تبخیر و یا تجزیه ماده حلال موجود در روانساز پیستون ایجاد می شود و در نتیجه در هنگام ورود مذاب به این قسمت ها باید ماده روانساز به صورت خشک باشد. البته این نوع پین هول های ایجاد شده در نزدیکی سطح بوده و قابل حذف شدن هستند.

- حبس گاز از طریق مواد مذاب: این حالت ناشی از تبخیر ناقص روانساز قالب و یا تجزیه آن هنگام رسیدن مذاب می باشد.

- آزاد شدن گاز حل شده در فلز مذاب: آلومینیوم و آلیاژهای آن به راحتی آب و دیگر ترکیبات هیدروژن دار (مانند روغن و گریس) را تجزیه می نمایند. هیدروژن آزاد شده در هنگام این تجزیه در فلز حل شده و هر چه دما بالاتر باشد میزان ورود هیدروژن به فلز نیز بیشتر خواهد بود. برعکس حلالیت هیدروژن در آلومینیوم در حالت



Cross Section (125x)

Top View (60x)

شکل ۱- نمونه هایی از بروز عیب پین هول در رنگ پودری

عوامل عمده ایجاد پین هول

عوامل اصلی ایجاد پین هول در دو گروه قابل بررسی هستند:

- ۱- سطح زیر کار متخلخل (در قطعات ریختگی و دایکستی)
- ۲- پارامترهای موثر در لایه رنگ اعمالی
- مشکلات در طی مراحل ساخت پودر؛
- رطوبت بالای پودر (به عنوان نمونه ناشی از انبارش نادرست)؛

- ضخامت خیلی بالای لایه رنگ که سبب می شود ترکیبات فرار نتوانند سطح را در حین پخت ترک کنند؛

- ناسازگاری با دیگر پوشش های پودری؛

- گرمادهی خیلی سریع، بنابر این زمان کافی برای خروج هوای محبوس یا رطوبت از لایه فیلم رنگ نیست؛

۱- مکانیسم عمومی ایجاد پین هول در سطح قطعات دایکست

در حالت کلی این دسته از عیوب به فرایند ساخت قطعه و خصوصاً در زمان سرد شدن آن بستگی دارد. حضور پین هول و تخلخل در سطح قطعه ریختگی سبب خرابی شدید و یا فاجعه بار می شود، هر چند که ممکن است این مشکلات در بازرسی ها به صورت یک اثر جزئی خود را نمایان سازند و خیلی جدی گرفته نشوند. در حالت کلی باید توجه داشت که در صورت وجود تخلخل با قطر بزرگتر از دو میلیمتر و توزیع تخلخل با قطر یک میلیمتر در سطح کار باید به دنبال اقدام اصلاحی بود.

پین هول های کوچک گرد و صاف (شکل ۲) یا نیمه گرد و خشن (شکل ۳) می توانند نتیجه گازهای به دام افتاده در فلز مذاب در حال سرد شدن باشند. گاز محبوس بوسیله فرایندهای زیر می تواند در سطح قطعه ظاهر شود:

این کار مانند شستن ظروف است؛ قطعه کار را پس از طی مراحل شستشو و قبل از رنگ، به خوبی با آب آغشته می نماییم. اگر چربی زدایی سطح کامل انجام شده باشد یک لایه پیوسته از آب بر روی قطعه مشاهده می شود و در غیر این صورت آب تشکیل فیلم ناپیوسته می دهد.

روش های کاهش و حذف عیب پین هول بر روی قطعات دایکست آلومینیومی

(الف) سطح قطعه کار پس از ریخته گری فاقد هر نوع حفره و یا سوسه باشد. در صورت وجود این عیوب روی قطعه، می توان با بتونه کاری و سپس فرصت دادن جهت خشک شدن آن، به سطح صاف و هموار قطعه رسید.

(ب) مراحل شستشو و چربی زدایی سطح قطعه کامل انجام شود، به گونه ای که هیچ گونه آلودگی روغن بر روی آن نماند.

(ج) هوای فشرده مورد استفاده دستگاه های رنگ پاش (ربات و یا دستی) دارای فیلتر های رطوبت، روغن و جدا کننده ذرات معلق باشد.

(د) دمای خشک کن پس از کانال شستشو و قبل از اعمال رنگ به اندازه کافی بالا باشد که منجر به حذف قطعی رطوبت موجود در سطح و گاز زدایی قطعه دایکست شود. البته باید توجه داشت که دمای قطعه در زمان اعمال رنگ پودری بر روی آن اگر بیش از حد بالا باشد منجر به ذوب منطقه ای رنگ قبل از رسیدن به کوره خواهد شد.

(ه) ضخامت رنگ بایستی به صورت مداوم کنترل شود؛ همانگونه که ذکر شد ضخامت رنگ بالا دلیل ایجاد پین هول می باشد.

منابع

Powder Coating: Failures and Analyses
; [concise, Practical, Robust], Judith Pietschmann,
Vincentz Network GmbH & Co KG, 2004
Union Electric Steel Corporation site

جامد عملاً ناچیز است. در نتیجه در حین انجماد هیدروژن حل شده در مذاب آزاد شده و ایجاد سوراخ های ریز می نماید.

۲- پارامترهای موثر در رنگ اعمال شده

- سازنده رنگ جهت حذف بهتر پین می تواند از عوامل گاز زدا مانند بنزوئیل استفاده نماید. از جهت دیگر مشکلات در مراحل ساخت پودر مانند آلودگی با مواد فرار مانند ترکیبات رزین با وزن مولکولی پایین و یا تنظیمات اکسترودر نامناسب، می تواند منجر به بروز پین هول در پوشش نهایی شود. شرایط کارگاهی در مرحله کاربرد و اعمال پوشش نیز می تواند در احتمال این رخداد موثر باشد.

در زمان اعمال پوشش پودری، پدیده یونیزاسیون معکوس - فرایندی که ذرات پودر پرتاب شده به سمت قطعه، از آن برگشته و با دیگر ذرات برخورد می نمایند- می تواند یکی از عوامل ایجاد پین هول در قطعات، خصوصاً قطعات آلومینیومی باشد. لذا بهتر است در زمان اعمال رنگ پودری، از نزدیک کردن بیش از حد تفنگ به قطعه و همچنین اعمال ولتاژ بسیار بالا خودداری نمود.

- پارامتر موثر دیگر در زمان اعمال، می تواند به هوای فشرده واحد ارتباط داشته باشد که باید خشک و عاری از روغن باشد. رطوبت و روغن دو عامل آلوده کننده منجر به بروز پین هول می باشند. امولسیون روغن / آب، در صورت داشتن آب بیشتر پین هول های ریز و در صورت داشتن روغن بیشتر منجر به بروز پین های بزرگتر، صاف و با دیواره ضخیم می شود.

- یک عامل دیگر که در مراحل شستشو و آماده سازی قطعه نهفته است، تمیز کاری قطعه قبل از اعمال رنگ است. تمیز کاری و اسید شویی کم و یا خیلی زیاد و یا گاز زدایی کم می تواند سبب بروز برخی پین هول ها شود. این مسئله به ویژه در محصولات استیل گالوانیزه بروز می کند؛ جایی که ماده اصلی اکسید می شود و لذا اسید شویی بیشتری نیاز دارد. این مسئله منجر به حمله بیشتر فسفات روی به سطح می شود. فسفات روی عموماً مولکول های رطوبتی را آزاد می کند که در جریان پخت رنگ پودری از آن آزاد می شوند. پین هول های آزاد شده در چنین شرایطی نتیجه گاز و بخار آزاد شده در میان پوشش پودری پس از شروع پاشش پودر و ضخامت بیش از حد پوشش می باشد.

پس در یک حالت کلی می توان پین هول را نتیجه آلودگی در سطح دانست. کلیه تجهیزات و دستگاه ها در زمان اعمال پوشش پودری باید تمیز باشند. اگر شستشو شامل مراحل فسفاته و یا کروماته است باید کلیه پارامترهای آن از قبیل غلظت، دما و غیره تحت کنترل باشد. مطمئن باشیم محیط اطراف کاملاً تمیز است. یک پارچه سفید و تمیز را روی قسمت های مختلف تجهیزات می توان کشید و از میزان آلودگی آن با مواد مختلف آگاه شد. یک راه دیگر تست میزان شکست آب روی قطعه می باشد.

پین هول (pine hole) در رنگ پودری اعمال شده روی قطعات دایکست آلومینیومی

زهرا دلیری، شرکت تولیدی صنعتی گرم ایران

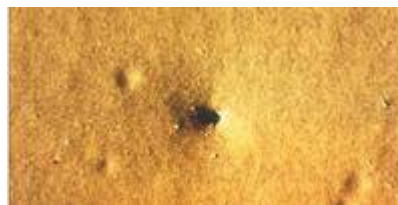
پین هول ها نواقص سطحی کوچک (سوراخ و یا حفره) در لایه رنگ هستند و عموماً سوراخ های خیلی ریز با ظاهر حفره ای شکل دارند. از جمله دلایل عمده ایجاد آن می تواند به سطح زیر کار و به لایه رنگ اعمال شده ارتباط داشته باشد. به عنوان نمونه ، آزاد شدن هوای باقیمانده ، رطوبت و محصولات یک واکنش، سبب می شود که لایه رنگ نتواند خودش را به خوبی به سطح چسبانده و خشک شود. عیب پین در پوشش پودری با وجود تخلل و یا گاز محبوس در بدنه دایکست تشدید خواهد شد. به بیان دیگر چنانچه سطح کار قطعه دایکست خصوصاً آلومینیومی دارای سوسه و یا هر گونه سوراخ حتی ریز باشد، پس از رنگ به صورت پین در پوشش نمایانگر خواهد شد.

گرچه بیشتر رنگ ها و پوشش های پودری مقادیر بسیار اندک و یا هیچ نوع از ترکیبات فرار در جریان پخت خود آزاد نمی کنند، رطوبت، محصولات تجزیه شده و یا هوای حبس شده در بدنه زیر کار می تواند سبب بروز نواقص در حین پخت شود که به صورت پین هول ظاهر می شود. معمولاً در فرمولاسیون پوشش پودری عوامل گاز زدا (de gasing agents) را برای کمک به خروج این محصولات فرار در حین پخت لحاظ می نمایند.

مقادیر بالای پین هول در لایه فیلم رنگ می تواند منجر به تغییر در جلا و ظاهر پوشش پودری و حتی مات شدن رنگ پر جلا گردد.



Cross Section (125x)



Top View (60x)

عوامل عمده ایجاد پین هول:

در دو گروه قابل بررسی هستند:

- 1- سطح زیر کار متخلخل (در قطعات ریخته گری و die cast)
- 2- پارامترهای موثر در لایه رنگ اعمالی:
 - مشکلات در طی مراحل ساخت پودر
 - رطوبت بالای پودر (به عنوان نمونه ناشی از ذخیره سازی نادرست)
 - ضخامت خیلی بالای لایه رنگ که سبب می شود ترکیبات فرار نتوانند سطح را در حین پخت ترک کنند
 - ناسازگاری با دیگر پوشش های پودری
 - گرمادهی خیلی سریع ، بنابر این زمان کافی برای خروج هوای محبوس یا رطوبت از لایه فیلم رنگ نیست

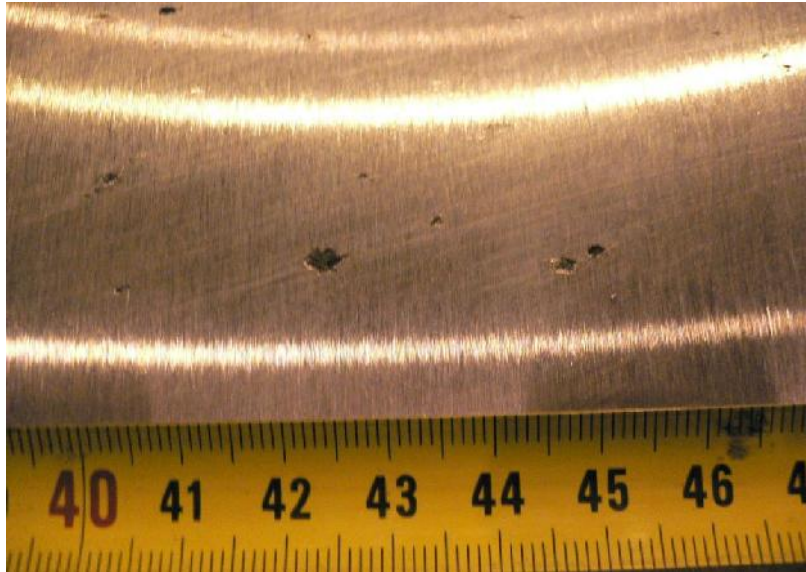
1- مکانیسم عمومی دلایل ایجاد پین هول در سطح قطعات دایکست:

در حالت کلی این دسته از عیوب به فرایند ساخت قطعه و خصوصا در زمان سرد شدن آن بستگی دارد. حضور پین هول و تخلخل در سطح قطعه کار سبب خرابی شدید و یا فاجعه انگیز می شود؛ هر چند که ممکن است این مشکلات در بازرسی ها به صورت یک اثر جزئی خود را نمایان سازند. در یک حالت کلی باید توجه داشت که در صورت وجود تخلخل با قطر بزرگتر از دو میلیمتر و توزیع تخلخل با قطر یک میلیمتر در سطح کار باید به دنبال اقدام اصلاحی بود.

گاز محبوس شده ، پین هول های کوچک ، گرد و صاف می توانند نتیجه گازهای محبوس شده (به دام افتاده) در فلز مذاب در حال سرد شدن باشند. گاز محبوس بوسیله فرایند های زیر می تواند در سطح قطعه ظاهر شود:



Small, round, smooth porosities



Small, round, semi-rough texture porosities

- حبس هوا در حین پر شدن قالب: پر شدن قالب های ریخته گری تحت فشار معمولاً به صورت تلاطمی انجام شده و این تلاطم باعث حبس هوا در قالب می شود. به عبارت دیگر گاز می تواند به عنوان یک حل شونده در فلز مذاب حاضر باشد که سپس به صورت یک حباب بیرون آمده، در مذاب در حال انجماد گیر افتاده و حلالیت گاز در فلز محدود می شود.
 - حبس گاز در محفظه سیلندر تزریق: این حالت در اثر تبخیر و یا تجزیه ماده حلال موجود در روانساز پیستون ایجاد می شود و در نتیجه در هنگام ورود مذاب به این قسمت ها باید ماده روانساز به صورت خشک باشد. البته این نوع پین هول های ایجاد شده در نزدیکی سطح بوده و قابل حذف شدن هستند.
 - حبس گاز از طریق مواد مذاب: این حالت ناشی از تبخیر ناقص روانساز قالب و یا تجزیه آن هنگام رسیدن مذاب می باشد.
 - آزاد شدن گاز حل شده در فلز مذاب: آلومینیوم و آلیاژهای آن به راحتی آب و دیگر ترکیبات هیدروژن دار (مانند روغن و گریس) را تجزیه می نمایند. هیدروژن آزاد شده در هنگام این تجزیه در فلز حل شده و هر چه دما بالاتر باشد میزان ورود هیدروژن به فلز نیز بیشتر خواهد بود. برعکس حلالیت هیدروژن در آلومینیوم در حالت جامد عملاً ناچیز است. در نتیجه در حین انجماد هیدروژن حل شده در مذاب آزاد شده و ایجاد سوراخ های ریز می نماید.
- 2- پارامترهای موثر در رنگ اعمال شده:
- سازنده رنگ جهت حذف بهتر پین می تواند از عوامل گاز زدا مانند بنزوئیل استفاده نماید. از جهت دیگر مشکلات در مراحل ساخت پودر مانند آلودگی با مواد فرار مانند ترکیبات رزین با وزن مولکولی پایین و یا تنظیمات اکسترودر نامناسب، می تواند منجر به بروز پین هول در پوشش نهایی شود. شرایط کارگاهی در مرحله کاربرد و اعمال پوشش نیز می تواند در احتمال این رخداد موثر باشد.
 - در زمان اعمال پوشش پودری، پدیده یونیزاسیون معکوس - فرایندی که ذرات پودر پرتاب شده به سمت قطعه، از آن برگشته و با دیگر ذرات برخورد می نمایند - می تواند یکی از عوامل ایجاد پین هول در قطعات خصوصاً آلومینیومی باشد. لذا بهتر است در زمان اعمال رنگ پودری، از نزدیک کردن بیش از حد تفنگ به قطعه و همچنین اعمال ولتاژ بسیار بالا خودداری نمود.

- پارامتر موثر دیگر در زمان اعمال، می تواند به هوای فشرده واحد ارتباط داشته باشد که باید خشک و عاری از روغن باشد. رطوبت و روغن دو عامل آلوده کننده منجر به بروز pine hole می باشند. امولسیون روغن/ آب، در صورت داشتن آب بیشتر بین هول های ریز و در صورت داشتن روغن بیشتر منجر به بروز پین های بزرگتر، صاف و با دیواره ضخیم می شود.
- یک عامل دیگر که در مراحل شستشو و آماده سازی قطعه نهفته است، تمیز کاری قطعه قبل از اعمال رنگ است. تمیز کاری و اسید شویی کم و یا خیلی زیاد و یا گاز زدایی کم می تواند سبب بروز برخی پین هول ها شود. این مسئله به ویژه در محصولات استیل گالوانیزه بروز می کند؛ جایی که ماده اصلی اکسید می شود و لذا اسید شویی بیشتری نیاز دارد. لذا اسید شویی بیشتری نیاز دارد و این مسئله منجر به حمله بیشتر فسفات روی به سطح می شود. فسفات روی عموماً مولکول های رطوبتی را آزاد می کند که در جریان پخت رنگ پودری از آن آزاد می شوند. پین هول های آزاد شده در چنین شرایطی نتیجه گاز و بخار آزاد شده در میان پوشش پودری پس از شروع پاشش پودر و ضخامت بیش از حد پوشش می باشد.
- پس در یک حالت کلی می توان پین هول را نتیجه یک آلودگی در سطح دانست. کلیه تجهیزات و دستگاه ها در زمان اعمال پوشش پودری باید تمیز باشند. اگر شستشو شامل مراحل فسفاته و یا کروماته است باید کلیه پارامترهای آن از قبیل غلظت، دما و غیره تحت کنترل باشد. مطمئن باشیم محیط اطراف کاملاً تمیز است. یک پارچه سفید و تمیز را روی قسمت های مختلف تجهیزات می توان کشید و از میزان آلودگی آن با مواد مختلف اطلاع حاصل کرد.
- یک راه دیگر تست میزان شکست آب روی قطعه می باشد. این کار مانند شستن ظروف است؛ قطعه کار را پس از طی مراحل شستشو و قبل از رنگ، به خوبی با آب آغشته می نماییم. اگر چربی زدایی سطح کامل انجام شده باشد یک لایه پیوسته از آب بر روی قطعه مشاهده می شود و در غیر این صورت آب تشکیل فیلم ناپیوسته می دهد.

روش های کاهش و حذف عیب پین هول بر روی قطعات دایکست آلومینیومی:

- (الف) سطح قطعه کار پس از ریخته گری فاقد هر نوع حفره و یا سوسه باشد. در صورت وجود این عیوب روی آیتم، می توان با بتونه کاری و سپس فرصت دادن جهت خشک شدن آن، به سطح صاف و هموار قطعه رسید.
- (ب) مراحل شستشو و چربی زدایی سطح آیتم کامل انجام شود به گونه ای که هیچ گونه آلودگی روغن بر روی قطعه نباشد.
- (ج) هوای فشرده مورد استفاده دستگاه های رنگ پاش (ربات و یا دستی) دارای فیلتر های رطوبت، روغن و جدا کننده ذرات معلق باشد.
- (د) دمای خشک کن پس از کانال شستشو و قبل از اعمال رنگ به اندازه کافی بالا باشد که منجر به حذف قطعی رطوبت موجود در سطح و گاز زدایی قطعه دایکست شود. البته باید توجه داشت که دمای قطعه در زمان اعمال رنگ پودری بر روی آن اگر بیش از حد بالا باشد منجر به ذوب منطقه های رنگ قبل از رسیدن به کوره خواهد شد.
- (ه) ضخامت رنگ بایستی به صورت مداوم کنترل شود؛ همانگونه که ذکر شد ضخامت رنگ بالا دلیل ایجاد پین هول می باشد.

منابع:

- Powder Coating: Failures and Analyses ; [concise, Practical, Robust], Judith Pietschmann, Vincentz Network GmbH & Co KG, 2004
- Union Electric Steel Corporation site