

Arabic summary

التصاق حبيبات الشوائب على الجدار المقابلة للغاز في مولدات غاز الكتل الحيوية

يحدث التصاق الحبيبات على جدار أنابيب المبادلات الحرارية المستخدمة في مولدات غاز الكتل الحيوية، نتيجة تراكم ترسيب الشوائب العالقة في هذا الغاز أثناء سريانه خلال المبادلات، مكونة طبقة عازلة من الحبيبات المترسبة على الجدار، ويؤدي ازدياد سمك هذه الطبقة إلى تفاقم مشكلة نقص كفاءة تشغيل هذه المبادلات الحرارية، و من خلال البحوث التي تمت لدراسة خصائص الطبقة المترسبة على جدار هذه الأنابيب، وجد أنها تعتمد على درجات الحرارة و سرعة سريان الغاز، حيث تؤدي زيادة درجات حرارة جدران الأنابيب إلى تحول طبيعة طبقة الحبيبات المترسبة من طبيعة هشة إلى طبيعة متماسكة، كما أن معدل نمو الطبقة المترسبة يتحدد بالفرق بين معدل ترسب هذه الحبيبات، و معدل إزالتها نتيجة سريان الغازات من حولها، و قد اتجهت معظم الأبحاث السابقة حتى الآن إلى تحديد وصفى لعمليات الترسيب.

و الهدف من مشروع البحث المقدم هو دراسة طرق إزالة حبيبات من طبقة الحبيبات الملتصقة بجدار الأنابيب من خلال نماذج تحليلية و عملية تأخذ في اعتبارها طريقة تكوين هذه الطبقة، و تعتمد على منظور متكامل فيه عملية الإزالة و عملية الترسيب، و قد تبين أن إزالة الحبيبات يمكن أن يتم من خلال ميكانيزمين، الميكانيزم الأول يحدث بتأثير قوى القص الناتجة من سريان الغاز، و الثاني بانتقال طاقة الحركة من الحبيبات المتدفقة إلى حبيبات الطبقة الملتصقة بالجدار، و قد تم عمل إجراء مجموعة من التجارب لدراسة الميكانيزم الأول بإزالة الحبيبات بفعل قوى القص، و هذا باستخدام ترجة اختبارات لمبادل حراري يسمح بترسيب حبيبات بأحجام مختلفة و من مواد مختلفة كشوائب في غاز يتدفق خلال المبادل الحراري بسرعات مختلفة، و قد أثبتت هذه التجارب أن زيادة سرعة سريان الغاز تؤدي إلى نقص سمك و مساحة الطبقة المترسبة على الجدران، و أثبتت أيضا أنه إذا بلغت سرعة الغاز حدا معينا فسوف تتوقف عملية التصاق الحبيبات بالجدار، و كما يبدو فإن هذه السرعة (التي تتوقف عندها عملية الترسيب) ترتبط بالسرعة الحرجة التي يبدأ عنها درجة أحد الحبيبات المستقرة على سطح مستوى، و هكذا فإنه يمكن أن تتوقف عملية ترسيب هذه الحبيبات بزيادة سرعة سريان الغاز عن السرعة الحرجة المناظرة لحجم الحبيبات الأقرب للتصاق بأنابيب المبادل الحراري ، قد أثبتت التجارب أيضا أن أهمية الميكانيزم الأول بإزالة الحبيبات بتأثير القص تزداد عند سرعات سريان الغاز العالية، و أن الميكانيزم الثاني الذي يعتمد على إزالة الحبيبات بتأثير ارتطام الحبيبات المتدفقة التي تصطدم بالحبيبات الملتصقة بالجدار، يكون له الدور الأكبر في سرعات سريان الغاز المنخفضة.

و قد تم بحث طريقة إزالة الحبيبات من الطبقة المتراكمة على الجدران بالميكانيزم الثاني تحليليا (بالتطرق العددي) و عمليا، و قد اعتمد النموذج العددي على محاكاة التداخل و التصادم بين أحد الحبيبات المتدفقة و حبيبات الطبقة الملتصقة بالجدار، و استخدمت مبادئ ميكانيكا التلامس في تحديد قوى التصادم بين الحبيبات، و تم استخدام طريقة العنصر المحدد في حل هذا النموذج، و قد تم استخدام هذا النموذج في التنبؤ بقيمة سرعة الاصطدام الحرجة التي تبدأ عندها الحبيبات المتصادمة في الالتصاق أو الارتداد أو إزالة حبيبات أخرى من الحبيبات التي تصطدم بها في الطبقة الملتصقة بالجدار، و قد أوضحت النتائج

أنه إذا زاد سمك طبقة حبيبات الشوائب الملاصقة للجدار عن حد معين، فلن يكون له تأثير على السرعة الحرجة لإزالة أو التصاق الحبيبات، و قدرت حدود هذا السمك بمقدار ٢ حبيبة إذا تكونت طبقة الشوائب الملتصقة من حبيبات أحادية التشتت بحيث يكون ترتيبها على هيئة معينات متعامدة، و قد وجد أن زمن انطلاق الحبيبات من الطبقة الملاصقة للجدار نتيجة اصطدامها بالحبيبات المرتبطة بها يتناسب طردياً مع قطرها و مع الجزر التربيعي لعدد طبقات الحبيبات الملاصقة للجدار، و حتى يتم تعميم استخدام نتائج هذا النموذج التحليلي، فقد تم عمل تجارب على تصادم الحبيبات في عمود مفرغ من الهواء، حيث تم إسقاط حبيبات بسرعات تصادم مختلفة على طبقة من حبيبات أخرى ملتصقة بالجدار داخل هذا العمود، و تم تحديد حدوث الالتصاق أو الارتداد أو الإزالة كدالة في سرعة الحبيبات المصطدمة، و قد وجد أن السرعات الحرجة للالتصاق و الإزالة التي تم التنبأ بها من خلال نموذج التحليل العددي تتفق مع نتائج التجارب العملية.

و قد وجد أنه خلال تشغيل المبادلات الحرارية، و نتيجة لارتفاع درجات حرارة الجدار المقابلة للغاز، تتماسك أو تتلبد طبقات الحبيبات الملاصقة لجدران هذه المبادلات، و لهذا فقد تم بحث تأثير ارتفاع درجات حرارة الجدار المقابلة للغاز على تكوين هذه الطبقات و بالتالي على تراكم و إزالة الحبيبات بهذه الطبقات، حيث يعتمد تكوين طبقات الحبيبات الملاصقة للجدار على درجة حرارة الجدار المقابلة للغاز و عما إذا بلغت قيمتها درجة الحرارة التي تتلبد أي تتماسك عندها الحبيبات، و قد أجريت تجارب أخرى لبحث هذه النقطة من خلال اصطدام الحبيبات بجدار أنابيب ملساء و أنابيب عليها طبقة حبيبات هشة (أي على هيئة مسحوق أو بودرة) و أنابيب عليها طبقة حبيبات متلبدة (أي متماسكة معا)، و قد أثبتت التجارب أن تغير طبيعة أسطح المبادلات الحرارية من الجدران الملساء إلى جدار عليها طبقة حبيبات هشة تؤدي إلى زيادة السرعة الحرجة لالتصاق الحبيبات، و التي تؤدي بالتالي إلى زيادة سرعة عملية الالتصاق، إلا أن تغير طبقة الحبيبات الملتصقة من الحبيبات الهشة إلى الحبيبات المتلبدة يؤدي إلى نقص سرعة الالتصاق و يقلل بالتالي سرعة نمو طبقة الحبيبات الملاصقة للجدار، إلا أننا يمكن أن نعزى السلوك المتوافق لعملية التصاق الحبيبات على جدار المبادلات الحرارية إلى التغير في طبيعة سطح هذه المبادلات أثناء عمليات ترسب الحبيبات و التصاقها بالجدار، و قد أمكن تطوير النموذج التحليلي لدراسة الميكانيزم الثاني عندما تصطدم الحبيبات بأسطح عليها حبيبات متماسكة أي متلبدة.

و كملخص عام، يمكن القول بأن عملية ترسيب أو إزالة حبيبات من طبقات الحبيبات المترسبة على جدار المبادلات الحرارية قد تم دراستها من خلال نماذج تحليلية (عددية) و أن نتائج هذه النماذج قد تم تعميمها و إثبات صحتها معملياً، و باستخدام النموذج التحليلي مقترنا بأحد برامج الحاسب التطبيقية (CFD-particle transport model)، يمكن التنبأ الكمي لمعدل نمو طبقة الحبيبات المترسبة على جدار المبادلات الحرارية.

