

ステンレス鋼における最適疲労設計基準の確立

近年、ジェットコースターの脱線による大事故が、ニュースで報じられています。この事故の原因は、金属の疲労破壊です。都産技研では、生活の安全を脅かす「金属の疲労破壊」に関する研究を行っています。

金属の疲労破壊とは

機械部品は、一回だけの静的な荷重負荷では壊れなくても、繰り返し荷重が負荷されると壊れてしまう場合があります。これは、金属に超微小な変形が蓄積されて生じる現象で、一般的に「疲労破壊」と呼ばれています。疲労破壊は、弾性限度より小さな荷重の負荷であっても、長期間繰り返されることによってある日突然発生するため、思わぬ大事故を誘発します。したがって、製品および機械部品等を設計する際には、「疲労破壊」を十分に考慮して強度設計を行わなくてはなりません。

研究の目的

ステンレス鋼は、高耐食性・高強度などの理由から、広い分野で使用されています。特に、地球環境保護の観点からも、リサイクル率の高いステンレス製品の需要は、ますます高くなっています。このステンレス鋼加工品の製造には、プレス・圧延などの塑性加工が一般的に用いられています。しかし、オーステナイト系ステンレス鋼（SUS304）では、塑性加工の際に製品の硬化（加工硬化）が発生してしまうことから、加工硬化を除去するために、固溶化熱処理（溶態化処理）という熱処理が行われています（図1）。安全に使用できる製品を設計する上では、この加工硬化と固溶化熱処理が、疲労強度に及ぼす影響を明確化する必要があります。

そこでこの研究は、まず加工硬化に着目し、オーステナイト系ステンレス鋼（SUS304）における加工硬化が疲労強度に及ぼす影響の定量化を試みます。この結果から、安全に使用できる製品を設計するための最適疲労設計基準を確立することができます。

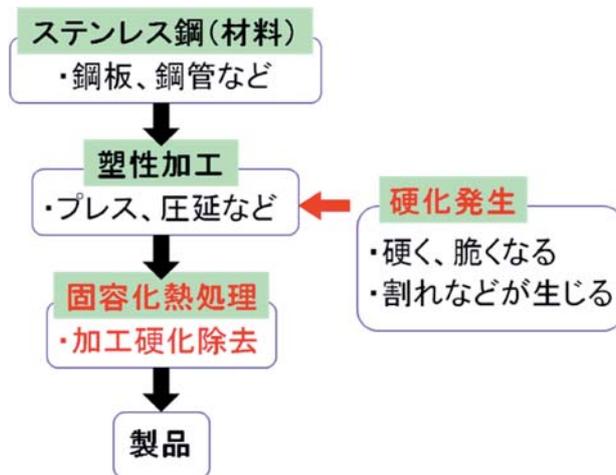


図1 製品製造の流れ

ステンレス製品を製造する場合、加工工程で発生した硬化を除去するために固溶化熱処理が行われます



図2 疲労試験機

島津製作所製：EHF-EB5
最大試験荷重：±50kN
最大試験ストローク：±25mm

実験方法

疲労試験は、動的最大荷重±50kNの油圧サーボ式疲労試験機（島津製作所製：EHF-EB5）を使用して行っています（図2）。

図3にこの研究で行っている疲労試験制御方法の概略を示します。試験は、室温大気中にて、応力振幅を一定にし、片振り（引張荷重のみ）の正弦波により試験片に繰り返し負荷します。

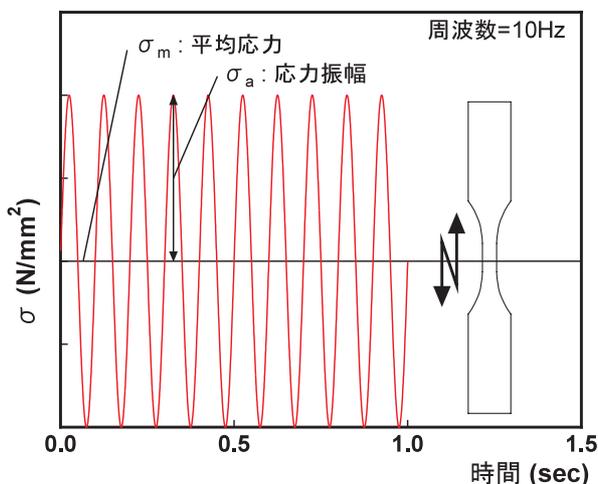


図3 疲労試験制御方法

疲労試験は、片振りの正弦波とし、室温大気中にて繰返し速度10Hzで行います

試験は、試験片が破断するまでの回数を測定します。なお、試験の繰返し速度は10Hzとしています。試験片は、厚さ1.5mm、平行部の長さ20mm、幅10mmの板状試験片とし、固溶化熱処理により加工硬化を除去した試験片および5%ひずみに相当する応力を加えて加工硬化させた試験片（図4）を作成します。この試験片について疲労試験を行い、S-N線図をそれぞれ求めて比較することにより、加工硬化が疲労強度におよぼす影響を明らかにします。

これまでの結果

図5は、この研究で行っている疲労試験により得られたS-N線図です。オーステナイト系ステンレス鋼SUS304に5%のひずみを加え加工硬化させると、疲労強度が約5%程度向上するという結果が得られました。しかしながら、予ひずみを加えると残留応力や硬度も変化するため、これらの影響についても調査する必要があります。また、加工硬化と疲労特性の相関についても検討する必要性があり、まだまだ多くの課題が残されています。今後も、最適疲労設計基準の確立に向けて、さらに詳細なデータの蓄積に努めていきたいと考えています。

最後に

疲労破壊は突然生じるため、大事故を引き起こしてしまうことが多々あります。製品の強度

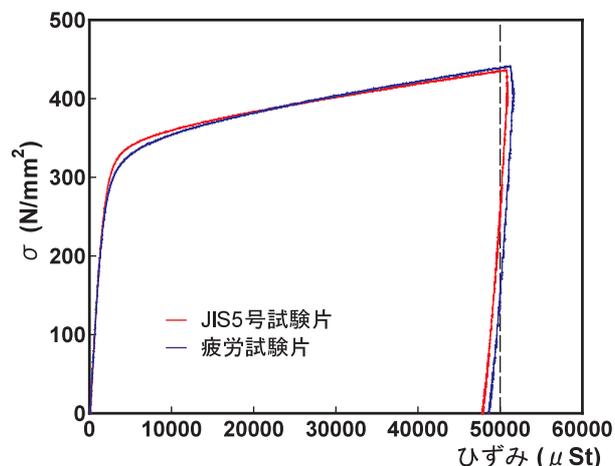


図4 応力-ひずみ線図 (5%ひずみ負荷)

試験片に貼り付けたひずみゲージの出力が、5%ひずみに相当する値になるまで試験片を引っ張ります

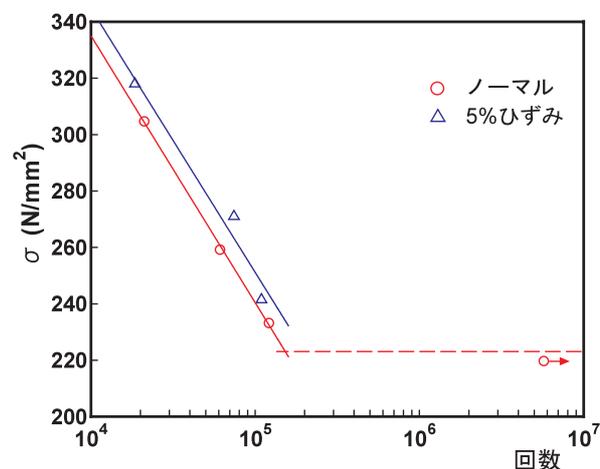


図5 S-N線図

5%ひずみを加える（加工硬化させる）ことにより、疲労強度が5%程度向上する結果が得られました

設計においては、この疲労破壊に対する強度も十分に考慮することが必要です。

都産技研では、金属材料および製品の静的強度試験に加え、疲労強度試験に関する技術支援も行っていますので、どうぞお気軽にご相談ください。

事業化支援部 製品化支援室 <西が丘本部>

櫻庭健一郎 TEL 03-3909-2151 内線529

E-mail:sakuraba.kenichirou@iri-tokyo.jp