

氏名	岩本 壮平
----	-------

(論文内容の要旨)

合金化溶融亜鉛めっき鋼板は、金属間化合物コーティング層の犠牲防食による優れた耐食性を持ち自動車用表面処理鋼板の主流となっているが、コーティング層の破壊・はく離は加工性や生産効率の低下、機能の喪失につながるため、その解明は重要な研究課題となっている。本論文はコーティング層の破壊・はく離現象のメカニズムとその進行過程の定量評価に関する研究成果をまとめたもので、8章からなっている。

第1章は序論であり、本研究の背景として、合金化溶融亜鉛めっき鋼板の特徴と工学的問題点について、これまでの研究で得られている知見を概説し、コーティング層の破壊・はく離現象解明研究の重要性を示した上で、本研究の目的と概要について述べている。

第2章では、合金化溶融亜鉛めっき鋼板および比較材として陽極酸化アルミニウム線材について、引張試験と走査型電子顕微鏡観察を行い、延性金属にコーティングされた脆性層の破壊・はく離現象の破壊形態学的特徴を明確に把握したうえで、多重破断は試料長手方向のコーティング層への応力伝達、はく離は板材では試料幅方向、線材では円周方向の圧縮応力に起因することを明らかにしている。

第3章では、基材の鋼種・コーティング層厚さのそれぞれ異なる二種類の試験片による実験結果について、コーティング層多重破断時における有限要素法応力解析を行い、(i)合金化処理後の冷却過程で発生する熱ひずみによる多重破断を初めて定量評価することに成功するとともに、(ii)負荷応力下での応力伝達効率のひずみ依存性を定量化して、負荷ひずみによる平均クラック間隔の変化を予測する方法を考案し、(iii)この手法で実験結果を説明できることを示すとともに、これまで未知であったコーティング層強度は約260MPaであることを初めて明らかにした。さらに、これらの結果を基に、基材鋼の応力-ひずみ曲線とコーティング層の厚さから、簡便に負荷ひずみと平均クラック間隔の関係を予想できる手法を開発している。

第4章では、コーティング層のはく離は、(a)一軸引張ひずみが大きくなるに従い、試料幅方向への圧縮応力によりクラック部を起点にコーティング層/基材の界面はく離が生じる、(b)界面はく離の進行により、試料幅方向のコーティング層の変形は圧縮変形から曲げ変形へと移行し、引張応力を受けるコーティング層最表

面部に新たにクラックが導入される、(c)導入されたクラックが開口することにより、コーティング層/基材界面のはく離が急速に進行する、のプロセスで起こることを明らかにしている。

第5章では、近年燃費の向上の観点から、車体に高強度鋼を使用し軽量化を図る取り組みがなされていることから、基材鋼の高強度化がコーティング層多重破断・はく離に及ぼす影響について、応力解析結果を基に論じている。基材鋼の高強度化により、コーティング層はく離前に生じる多重破断がより進行すること、そのため界面での厚さ方向の引張応力が低くなり、その結果、界面強度が同じであれば、低・中強度鋼に比して、はく離が生じにくくなることを見出している。

第6章では、重要にもかかわらずこれまで明らかになっていないコーティング層-基材鋼界面のはく離に及ぼす引張方向・試料幅方向のクラック間隔の影響について解析的に調べている。両方向ともクラック間隔減少に伴いはく離が抑制されること、その原因は、引張方向のクラック間隔減少は、はく離開始ひずみを増大させ、試料幅方向のクラック間隔減少は、はく離進行過程を遅延させる効果によるものであることを明らかにするなど、多重破断制御によるはく離抑制につながる実用的にも価値ある知見を得ている。

第7章では、引張方向に連なって集団的にはく離が生じる現象について、多重破断して帯状になったコーティング層間の力学的相互作用解析から、界面強度の弱いコーティング層を起点としてはく離が開始し、その影響により隣接するコーティング層のはく離が誘発され、集団はく離が生じることを初めて明らかにしている。

第8章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

氏名	岩本 壮平
----	-------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、合金化溶融亜鉛めっき鋼板のコーティング層について、力学試験、破壊形態観察、応力解析、モデリングにより、多重破断及び界面はく離のメカニズムと進行過程について研究した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 合金化溶融亜鉛めっき鋼板および比較材として陽極酸化アルミニウム線材についての実験結果から、延性金属にコーティングされた脆性層の破壊・はく離現象の破壊形態学的特徴を明確に把握したうえで、多重破断は試料長手方向のコーティング層への応力伝達、はく離は板材では試料幅方向、線材では円周方向の圧縮応力に起因することを明確に示した。

2. 合金化処理後の冷却過程で発生する熱ひずみおよび引張負荷ひずみによるコーティング層の多重破断の定量評価法を開発し、負荷ひずみによる平均クラック間隔の変化を予測する簡便法を考案・実証するとともに未知であったコーティング層強度を初めて明らかにした。

3. 試料幅方向の圧縮応力に起因するコーティング層－基材鋼間の界面はく離プロセスでの負荷ひずみ増加に伴う応力分布変化、コーティング層－基材鋼間のはく離面積・はく離距離増大過程をモデル解析により明確に示すとともに、界面はく離に及ぼすクラック間隔やコーティング層厚さの影響を明らかにした。また、引張軸方向に平行して連なって集団的にはく離が生じる現象についても、多重破断して帯状になったコーティング層間の力学的相互作用により誘発されることをモデル解析から明らかにしている。

以上要するに、本論文は自動車鋼板の主流である合金化溶融亜鉛めっき鋼板のコーティング層の破壊・はく離現象のメカニズムと進行過程を力学試験、破壊形態観察、応力解析、モデリングにより明らかにしたもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成21年1月23日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。