

論文審査の結果の要旨

報告番号	博(生)乙第29号	氏名	本村文孝
学位審査委員	主査	今井康文	
	副査	木須博行	
	副査	専徳博文	
	副査	才本明秀	
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>申請者である本村文孝氏は、1995年3月、長崎大学大学院工学研究科(修士課程)機械工学専攻を修了し、ただちに長崎大学工学部機械システム工学科助手として採用され、現在に至っている。助手着任以降現在まで継続して、ガラス板を中心とした脆性材料の熱応力割断の研究に従事している。2009年10月にその研究成果をまとめ、主論文「炭酸ガスレーザによる薄板ガラスの熱応力割断に関する研究」を完成させ、参考論文として、学位論文の印刷公表論文8編(うち審査付き論文5編)、学位の基礎となる論文9編(うち審査付き論文4編)、その他の論文3編(うち審査付き論文3編)を添えて、長崎大学大学院生産科学研究科に博士(工学)の学位を申請した。</p> <p>長崎大学大学院生産科学研究科教授会は、2009年12月16日の定例教授会において論文内容等を検討し、論文提出による学位申請の提出資格ありと判定し、上記の学位審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を実施するとともに、口頭による基礎および専門分野に関する試験を行い、論文審査及び最終試験の結果を2010年2月17日の生産科学研究科教授会に報告した。</p> <p>論文の内容は、炭酸ガスレーザを使った1mm~50μm厚さのガラス基板の熱応力割断の実験と、実際の加工状態を明確にするための3次元非定常熱応力場の有限要素法による解析である。ガラス基板は近年液晶表示パネル、プラズマ表示パネル、太陽光発電パネル等に用いられ、効率的加工法の確立が急務となっている。</p> <p>第1章でこの研究の必要性和、論文の構成について述べ、第2章では、炭酸ガスレーザを熱源として用い、それにより板厚1mmのソーダガラス中を進展するき裂の前縁形状および開口量を測定している。速度一定で熱源が移動可能であり、進展中のき裂の板厚内前縁形状とき裂開口量のその場観察が可能となる実験装置を工夫し、製作している。き裂は試験片のほぼ全域にわたり、進展方向に傾斜した前縁形状を保って進展している状態を観察しているが、これは炭酸ガスレーザのガラスに対する吸収特性が表面吸熱であるためと結論している。つぎに光干渉法により実測したき裂開口量から破壊力学を援用し、モードIの応力拡大係数を算出しているが、進展中でもき裂前縁にわた</p>			

りガラスの破壊靱性値に近いほぼ一定の値を示していることを明らかにしている。

第3章では、炭酸ガスレーザのエネルギーがガラス表面で全量吸収されると仮定し、観察されたき裂前縁形状を取り入れた3次元有限要素熱応力解析を行っている。き裂前縁が板表面に垂直な状態ではどのようなき裂先端位置でも前縁に沿って応力拡大係数が一樣になることはないが、実験で観察されたようにき裂前縁が進展方向に対して傾斜していれば、応力拡大係数がほぼ一定の値を示す熱源とき裂先端位置が存在することを確認している。また、2次元熱応力解析では、板厚内で均一のエネルギー吸収を仮定せざるを得ないが、その解析から得られる応力拡大係数は3次元解析の板厚中心部の値を代表していることを明らかにしている。さらに、熱源移動速度の増加により3次元解析結果は2次元解析結果に近づき、薄板の高速割断といった実用状態では2次元解析で十分代用できることを示している。

第4章は、 $50\mu\text{m}$ と非常に薄いホウケイ酸ガラス板の熱応力割断法についての研究である。曲げ剛性が小さいため、加工中局所的な加熱による熱膨張で面外変形が顕著になり、き裂進展の直進性が損なわれるという問題点がある。そのため、吸着ステージ等を用いて面外変形を拘束した状態での割断加工が必要になる。そこで、面外変形を拘束した3次元有限要素解析を行っているが、拘束しても加熱による熱応力拡大係数にはほとんど影響しないことを明らかにしている。そのため、薄板では面外変形を考慮できない2次元解析でも十分近似できることも示している。さらに板表面からの放熱が応力拡大係数に及ぼす影響について考察し、放熱の増加により進展中のき裂先端位置は熱源に近づき、同一のき裂先端位置で比較すれば応力拡大係数が増加するので、割断速度の上昇に有効であると結論している。

第5章では、矩形板や円板の縁落し加工に注目し、モードIIの応力特異性も現れる混合モード下でのき裂進展について論じている。この場合は対称線割断と異なり熱源移動経路と割断経路が一致しない。まず、モードIIの応力特異性がゼロとなるようにき裂がその進展経路を取ると仮定し、直線縁に平行に熱源を移動させ、き裂進展のシミュレーションを行っているが、得られたき裂進展経路は実験で得られた割断経路とよく一致している。さらに、直線縁と平行な割断線を得るためには、き裂先端でモードIIの応力特異性をゼロとする加熱方法が有効であるとの考えから、実用可能な3種類の加熱方法：熱源移動経路を変化させる方法；複数の熱源を用い加熱量比を変化させる方法；長方形熱源を用いその回転角を変化させる方法を提案している。

以上のように本論文は、熱応力下で進展するき裂の破壊力学的理解に資し、ガラス等の脆性材料の熱応力割断法の開発に大いに寄与するものと評価できる。

学位審査委員会は、本論文が脆性材料加工法の分野において極めて有益な成果を得るとともに、破壊力学の進歩発展に貢献するところ大であり、博士（工学）の学位に値するものと判断した。